

Universidad Pública de Navarra
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRÓNOMOS

Nafarroako Unibertsitate Publikoa
NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA



INFLUENCIA DEL RIEGO Y DE LA PRESENCIA DE CUBIERTAS VEGETALES SOBRE LA PRODUCCIÓN Y REPARTO DE BIOMASA AÉREA EN VID CV. TEMPRANILLO

Presentado por

LETICIA BUENO JANICES (e) k

Aurkeztua

INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA HORTOFRUTICULTURA Y JARDINERÍA

NEKAZARITZAKO INGENIARI TEKNIKO BARATZEZAINZA, FRUTAGINTZA ETA LOREZAINZA
BEREZITASUNA

Julio, 2014

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA
NAFARROAKO UNIBERTSITATE PUBLIKOA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS AGRÓNOMOS
NEKAZARIZADO INGENIARIEN GOI-MAILAKO ESKOLA TEKNIKO

“Influencia del riego y de la presencia de cubiertas vegetales sobre la producción y reparto de biomasa aérea en vid cv. Tempranillo”

Trabajo fin de carrera presentado por Doña Leticia Bueno Janices al objeto de optar al título de Ingeniero Técnico Agrícola de la especialidad de Hortofruticultura y Jardinería.

Director

Autor

Zuzendaria

Egitea

Carlos Miranda Jiménez

Leticia Bueno Janices

AGRADECIMIENTOS

A Carlos Miranda, director del trabajo, por su ayuda y disponibilidad en todo momento.

Al personal de Bodegas Ochoa, por su colaboración e interés.

A mis padres Mirechu y Daniel, y a toda mi familia por el apoyo y el cariño que me han demostrado.

A mis compañeros Ibai, Maite, Igor e Isabel, por hacer que el trabajo en campo sea más entretenido y animado.

RESUMEN

Palabras Clave: Cambio climático, biomasa, relaciones alométricas, riego, manejo de suelo.

El CO₂ es el principal gas de efecto invernadero, al encontrarse en exceso en la atmósfera contribuye al cambio climático. Este nuevo concepto “cambio climático” es una de las principales preocupaciones en la actualidad, desde cualquier ámbito, tanto social, como industrial y agrícola. En este último, la preocupación reside en que el cambio climático puede producir cambios en la adaptación al medio de los cultivos, o en la idoneidad de una zona para producir un tipo concreto de alimento. Por otra parte con la agricultura, particularmente la de los cultivos leñosos y permanentes, se presenta la oportunidad de emplear éstos para “secuestrar” carbono en las partes permanentes de la planta, contribuyendo así a la “compensación” de las emisiones que se han realizado en la producción (combustible, producción de fertilizantes químicos, etc...)

El objetivo de este trabajo es el determinar la cantidad de biomasa que se acumula en las diferentes partes de la cepa, tanto permanentes (tronco y brazos), como no permanentes (pámpanos, hojas y uva), así como analizar cómo influyen algunos factores de cultivo (presencia de cubiertas y riego) sobre la producción y reparto de biomasa.

La base de datos de este trabajo parte del análisis y estudio de diferentes viñedos de la variedad Tempranillo, situados en el término municipal de Traibuenas (Navarra). Se contaba con cepas cultivadas con diferentes dosis de riego (R_0 , R_1 y R_2) y diferentes manejos del suelo (laboreo y cubierta vegetal). En estas condiciones se seleccionaron cepas y se realizaron mediciones de vigor, crecimiento y producción.

Posteriormente el contenido de materia seca de los diferentes órganos de la cepa se determinó por medio de relaciones alométricas, tanto consultadas en la bibliografía, como de obtención propia. Y se determinó los niveles de reparto de biomasa entre las diferentes estructuras, analizando a su vez la influencia de ciertas técnicas de cultivo (riego y presencia de cubiertas vegetales) sobre la producción total de biomasa durante el ciclo, así como sobre el reparto entre los diferentes órganos de la cepa. Los datos se han analizado por medio de análisis de varianza y regresiones.

ÍNDICE

1-ANTECEDENTES.....	1
1.1-Cambio climático y efecto invernadero.....	1
1.2 –Papel de los bosques y la agricultura en la mitigación del efecto de las emisiones de GEI.	3
1.3- Biomasa.....	5
1.3.1. Concepto.....	5
1.3.2 Utilidad del estudio de la biomasa.....	6
1.3.3. Métodos de estimación.....	7
1.4- Aplicación de las alometrías en el cálculo de biomasa en viña.....	8
1.4.1. Tronco y brazos.....	8
1.4.2. Pámpanos.....	9
1.4.3. Hojas.....	10
1.4.4 Racimos.....	12
1.5- Factores que influyen sobre la producción y el reparto de biomasa entre los órganos en vid.....	13
1.5.1. Factores ambientales.....	13
1.5.2. Factores de la planta.....	13
1.5.3. Factores culturales.....	16
2-OBJETIVOS.....	19
3- MATERIAL Y MÉTODO.....	20
3.1-MATERIALES.....	20
3.1.1.- Material vegetal.....	20
3.2-MÉTODO.....	20
3.2.1.- Diseño del ensayo.....	20
3.2.2.- Controles realizados.....	22
3.2.3.-Tratamiento de los datos.....	23
4-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1-Obtención de una relación alométrica para estimar la biomasa de los pámpanos en tempranillo.....	27
4.2-Determinación de la alometría más adecuada para el cálculo de biomasa de pámpanos y racimos.....	28
4.2.1- Pámpanos.....	28
4.2.2- Racimos.....	29

4.3- Estado hídrico de las parcelas de ensayo.....	30
4.4-Cuantificación de la biomasa y reparto de esta por los órganos de la cepa.....	31
4.4.1- Caracterización de las cepas y producción de biomasa.....	31
4.4.2- Reparto.....	32
4.5-Influencia del manejo del agua y el tipo de suelo sobre la producción y reparto de biomasa.	33
4.5.1- Influencia sobre la producción.....	33
4.5.2- Influencia sobre el reparto.....	34
4.6-Relación entre el potencial hídrico y la producción de biomasa	36
4.6.1- Relaciones entre el potencial hídrico acumulado y la producción total de biomasa.	36
4.6.2- Relaciones entre el potencial acumulado y el reparto de biomasa.....	38
4.6.3- Comparación entre el análisis anual o el del ciclo de tres años.	40
5- CONCLUSIONES	41
6- BIBLIOGRAFÍA.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Evolución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España (1990-2012).....	2
Figura 2: España-Emissiones de gases de efecto invernadero en España en miles de toneladas de CO ₂ equivalente (1990-2012).....	3
Figura 3: Superficie dedicada al cultivo del viñedo (hectáreas), año 2006.....	5
Figura 4: Cantidad de carbono en relación con la acumulación de biomasa en vid.....	10
Figura 5: Relación entre el contenido en agua (%) y el ° Brix en una baya de uva.....	12
Figura 6. Influencia del vigor de la cepa sobre la biomasa aérea total por sección de tronco para la variedad tempranillo.....	15
Figura 7. Influencia de la producción de la cepa sobre la cantidad de biomasa formada en los racimos para la variedad tempranillo.....	15
Figura 8. Plano de las dos fincas utilizadas para el estudio y tipo de riego establecido en ellas.....	21
Figura 9. Relación entre la suma de secciones de pámpanos de una cepa (mm ²) y el peso de la madera de poda (g).....	27
Figura 10.Comparación entre el método de Miranda et al., (2013) y este trabajo para el cálculo del peso seco de los pámpanos a partir de la suma de sección de pámpanos (SSP).....	29
Figura 11. Comparación entre el método de Duchene et al., (2010) y G ^a de Cortazar-Atauri (2009) para el cálculo del peso seco de los racimos a partir de la cantidad de sólidos solubles presentes en él.....	30
Figura 12. Relación entre el vigor de la cepa y la biomasa aérea total por sección de tronco según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según el tratamiento de riego.....	33
Figura 13. Relación entre el vigor de la cepa y la biomasa aérea total por sección de tronco según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según la cubierta del suelo.....	34
Figura 14. Relación entre la producción de la cepa y la biomasa situada en los racimos en tanto por ciento según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según el tratamiento de riego.....	35
Figura 15. Relación entre la producción de la cepa y la biomasa situada en los racimos en tanto por ciento según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según la cubierta del suelo.....	36

Figura 16. Relación entre el potencial hídrico medido en tres momentos de día (antes del amanecer, media mañana, mediodía) y la biomasa total de la cepa en cada uno de los años estudiados (2010, 2011, 2012).....37

Figura 17. Relación entre el potencial hídrico y la biomasa total, biomasa destinada a racimo y biomasa vegetativa acumulada en los tres años en la cepa en cada uno de los momentos del día medidos (antes amanecer, media mañana, tarde).....39

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Peso específico de la madera (g/cm^3) de vides indicadas en la bibliografía.....	8
Tabla 2: Contribución del peso seco/peso fresco del raquis.....	12
Tabla 3. Peso seco de madera por cepa (kg/cepa) y por hectárea (t/ha) de las ocho variedades.....	14
Tabla 4. Relación peso fresco/peso seco para la variedad Tempranillo.....	28
Tabla 5. Potencial hídrico a lo largo del ciclo (cuajado-vendimia) según el tipo de riego, el tipo de suelo y el año.....	31
Tabla 6. Resumen de las principales características del conjunto de cepas estudiadas en este trabajo y su comparación con los rangos de valores observadas por Miranda et al., (2013) en parcelas de ‘Tempranillo’ cultivadas en Navarra y La Rioja.....	32
Tabla 7. Reparto (%) de la biomasa producida en los órganos vegetativos y reproductivos para el conjunto de parcelas empleadas en este trabajo, comparado con los obtenidos en el estudio de Miranda et al., (2013).....	32
Tabla 8. Producción de biomasa total, productividad y reparto de la misma en racimo, entre los diferentes tratamientos de riego y manejos de suelo en el cómputo de los tres años.....	40

.

1- ANTECEDENTES

1.1-Cambio climático y efecto invernadero.

Actualmente existe una preocupación mundial por el cambio climático, de forma que uno de los principales retos ambientales es la mitigación del mismo (*Acosta et al., 2001; Orlando et al., 2003; Salinas y Hernández, 2008*). Se considera que este cambio climático (también llamado calentamiento global), ha sido resultado directo del aumento de la concentración en la atmósfera de gases que aumentan el efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono (CO_2), como consecuencia de las actividades humanas (agricultura, ganadería, industria y uso de combustibles fósiles) (*Acosta et al., 2001*). Desde 1850, época hacia la cual la revolución industrial se globaliza, hasta el presente se ha producido un aumento en la temperatura global de cerca de 1°C (*Salati, 1990*). Para el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC), el término cambio climático denota un “cambio en el estado del clima identificable a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, debido a la variabilidad natural y como consecuencia de la actividad humana” (*PICC, 2007*).

La Tierra está rodeada por una delgada capa de gases denominada atmósfera, ésta se compone de nitrógeno (78,3%), oxígeno (21,0%), argón (0,3%), dióxido de carbono (0,03%) y otros gases en cantidades menores como helio, neón y xenón. Las características de todos estos gases hacen que la atmósfera proteja la vida sobre la Tierra; absorbiendo gran parte de la radiación solar ultravioleta en la capa de ozono y regulando la temperatura (efecto tampón). El efecto invernadero se debe a que algunos gases de la atmósfera permiten que la mayor cantidad de radiación solar incidente penetre hasta la superficie del planeta, mientras que absorben y remiten parte de la radiación infrarroja que el planeta emite de regreso al espacio. Cuanto mayor es la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI), menor es la cantidad de radiación infrarroja que el planeta emite libremente al espacio exterior. De esta manera, al aumentar la concentración de GEI, también se incrementa la cantidad de calor atrapado en la atmósfera, dando origen a que se eleve la temperatura.

Debido a las actividades humanas se generan emisiones de cuatro de los principales GEI de larga permanencia: el dióxido de carbono (CO_2), es el principal gas emitido, suponiendo un 50% de las emisiones, el metano (CH_4) alcanza un 18%, el óxido nitroso (N_2O) el 6% y, en conjunto los halocarbonos suman un 26%.

La Figura 1 muestra la evolución de las emisiones de GEI en España desde 1990 hasta 2012. La cantidad de GEI emitidos de 1990 al 2005 aumentó de manera alarmante, un 50% en 15 años. A partir de ese año hasta el 2012 las emisiones disminuyeron un 30%, debido a la entrada en vigor del Protocolo de Kioto. Este es un tratado internacional que tiene como objetivo reducir las emisiones de GEI. En él se explica que muchos países industrializados y en vías de desarrollo pueden contribuir en la mitigación del cambio climático mediante la implantación de proyectos que comprendan actividades de reforestación para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y recibir recursos económicos por este servicio ambiental. Inicialmente 27 países acordaron reducir un 20% las emisiones de CO_2 para el 2020. (*Orlando et al., 2003; Salinas y Hernández, 2008*).

GRÁFICO 1. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN ESPAÑA (1990-2012)

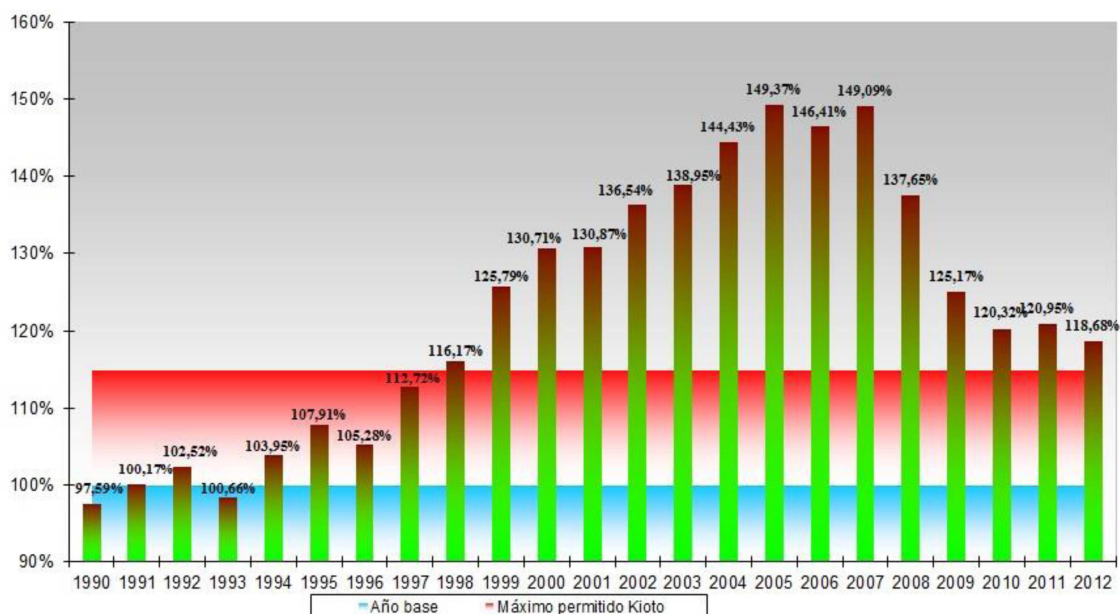


Figura 1. Evolución de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en España (1990-2012) (Higueras y Santamarta Flórez, 2013).

En 2012, 6 años después de la entrada en vigor del Protocolo, a pesar de la fuerte reducción experimentada, las emisiones seguirían siendo aún un 18,7% superiores al nivel base, mientras que para España el compromiso supone que el promedio de las emisiones de GEI en el periodo 2008-2012 no puedan superar en más de un 15 % las del año base 1990. La cifra exacta del año base tomada para el cálculo de la cantidad asignada fue de 289.773.205 toneladas de CO_{2equiv}; y la cantidad asignada para el compromiso del cumplimiento del Protocolo de Kioto en el periodo 2008-2012 fue de 1.666.195.929 toneladas de CO_{2equiv} (Higueras y Santamarta Flórez, 2013).

En la Figura 2 se puede apreciar la evolución de emisiones españolas desglosada por cada uno de los GEI en España desde el año base (1990) hasta 2012. Se observa como el CO₂ es el GEI más importante, con un total de emisiones del 80-85%. El resto de gases que se emiten a la atmósfera permanecen constantes al cabo de los años, pero el dióxido de carbono aumentó considerablemente un 38% desde 1990 a 2001. Este gas no solamente es importante porque sus emisiones anuales han aumentado, sino porque se trata de un gas de larga permanencia (del CO₂ emitido a la atmósfera, un 50% tardará 30 años en desaparecer, un 30% permanecerá varios siglos y el 20% restante durará varios millares de años (Solomon et al, 2007).

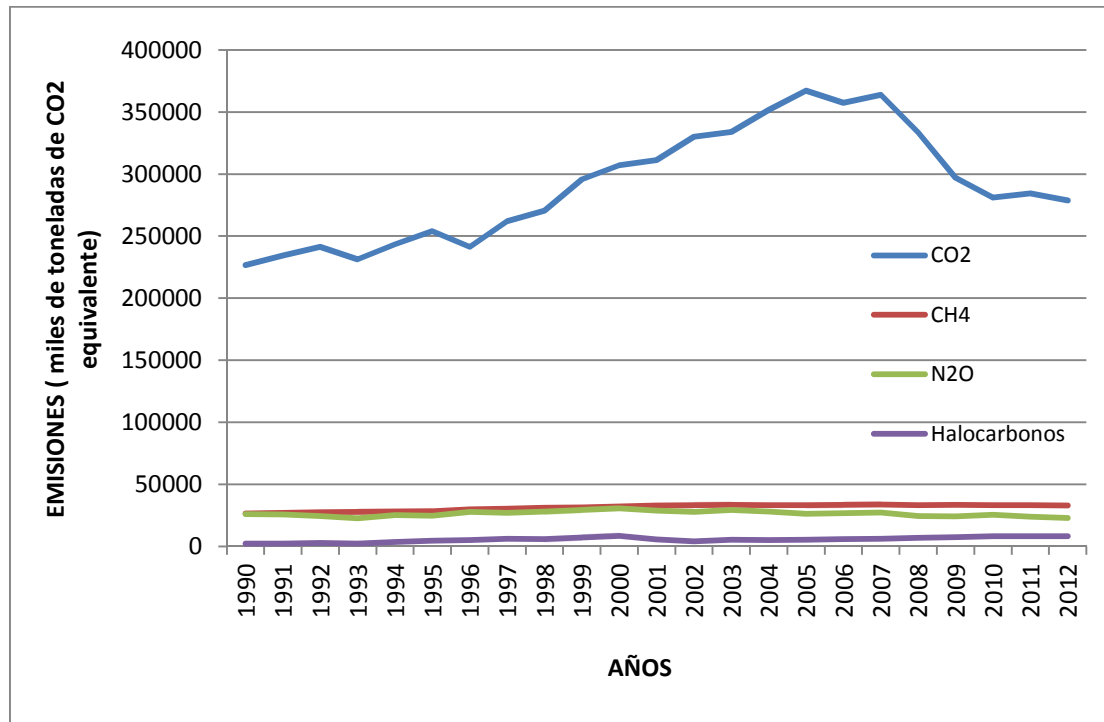


Figura 2. España-Emissiones de gases de efecto invernadero en España en miles de toneladas de CO₂ equivalente (1990-2012) (Elaboración en base a datos de la AEMA, M. de Medio Ambiente, M. de Industria y Energía, REE; IDEA, Oficemen, Enagás, CORE e INE)

Para poder valorar adecuadamente el impacto de estas emisiones sobre la atmósfera, hay que indicar que se calcula que las concentraciones de CO₂ Y CH₄ en la atmósfera observadas en 2005 excedieron considerablemente del intervalo de valores naturales de los últimos 650 000 años (PICC, 2007; PNUMA, 2007). Por otro lado en la Figura 2 se puede ver como las emisiones de dióxido de carbono en España disminuyeron un 1,9% en 2012 respecto a 2011. En 2012 representaron el 81,1% de las emisiones brutas de gases de invernadero en España. Entre 1990 y 2012, crecieron un 23%, pasando de 226,7 millones de toneladas en 1990 (año base) a 278,9 millones de toneladas en 2012 (Higueras y Santamarta Flórez, 2013).

Los combustibles de origen fósil mantendrían, según las proyecciones, su posición predominante en el conjunto de las energías mundiales utilizadas hasta más allá de 2030. Según estas estimaciones, las emisiones de CO₂ procedentes de la utilización de energía aumentarían entre un 40% y un 110% entre 2000 y 2030 (PICC, 2007).

1.2 -Papel de los bosques y la agricultura en la mitigación del efecto de las emisiones de GEI.

Dentro del ámbito agrícola y forestal existe la preocupación de que este fenómeno pueda producir cambios en la adaptación al medio de los cultivos, o en la idoneidad de una zona para producir un tipo concreto de alimento. Por ello, la agricultura se enfrenta a dos retos fundamentales; la adaptación al cambio climático y la necesidad de contribuir a mitigarlo.

En este contexto, los bosques y cultivos representan un papel importante en la regulación del clima mundial a nivel local y regional dado su papel para mantener temperaturas ambientales más bajas o la humedad relativa más elevada (Jiménez, 2010). La captura es más

valiosa cuando la biomasa es retenida durante mucho tiempo en sus diferentes compartimiento, así mismo se puede utilizar la biomasa y sus residuos para la generación de energía y disminuir el uso de combustible fósiles (*Acosta et al., 2001; Sanquetta et al., 2001; Schlegel, 2001; Zamora, 2003; Maser et al., 2007; Salinas y Hernández, 2008*).

El Protocolo de Kioto otorgó un reconocimiento oficial al papel de los bosques y cultivos como sumideros de carbono en la mitigación del cambio climático global, al reducir las concentraciones atmosféricas de CO₂. (*Bull et al., 2007*). Existen tres opciones básicas de mitigación de carbono en el sector agrícola: la conservación, la reforestación y la sustitución de combustibles.

Los bosques y cultivos actúan como sumideros de carbono y reducir el impacto de las emisiones, ya que pueden absorber cantidades significativas de CO₂ (un árbol centenario puede llegar a tener 200.000 hojas, en un día soleado es capaz de asimilar 9.400 litros de dióxido de carbono y liberar la misma cantidad de oxígeno que el dióxido de carbono asimilado). Por lo dicho anteriormente, es importante generar estrategias de conservación y aumentar la cobertura y rehabilitación de las áreas deterioradas por medio de la regeneración natural o plantación, protección de los bosques y creación de nuevos reservorios de dióxido de carbono (CO₂) , lo cual ayudaría a reducir su concentración de la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis, esto se traduce en ganancia de biomasa (45-50% del peso seco de la planta) y captura de carbono, al tomar el dióxido de carbono de la atmósfera y fijarlo en sus estructuras. A escala mundial se considera que la biosfera terrestre fija cerca de 2.000.000 toneladas/año (*UNESA, 2005*).

Particularmente con la agricultura de cultivos leñosos y permanentes, se presenta esta oportunidad de mantener “secuestrado” el carbono en las plantas durante un largo período de tiempo (mucho más que en las plantas anuales). Entre los cultivos leñosos españoles, la vid (proceso fotosintético C3, Anejo 1) se encuentra en tercer lugar (detrás de los cereales y el olivo) con 1.202.267 ha, representando la mayor superficie de este cultivo en Europa y en el mundo.

En la Figura 3 se puede ver como en España la mayor parte de la superficie vitícola se localiza en Castilla la Mancha, seguida por Extremadura, la Comunidad Valenciana, Castilla y León y Cataluña.

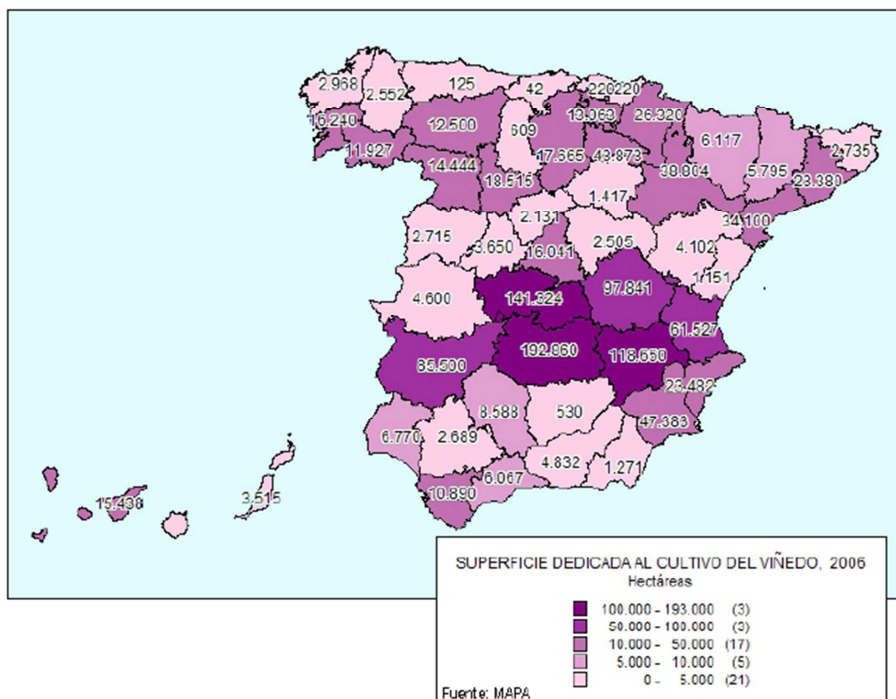


Figura 3. Superficie dedicada al cultivo del viñedo (hectáreas), año 2006. (La producción agrícola española, el sector primario español).

Respecto a la importancia del cultivo de la vid en la dinámica del Carbono existen dos vertientes: la vid como emisora de carbono en su proceso de cultivo (laboreo, abonos, fertilizantes, respiración, transporte, elaboración y manipulación) y como sumidero de carbono, reduciendo de 20% a 50% las emisiones de CO₂ a la atmósfera, mediante la capacidad que tienen de absorber y almacenar carbono en los diferentes órganos de la cepa (tronco-brazos, pámpanos, hojas, racimos) durante largos periodos de tiempo (Acosta-Mireles *et al.*, 2002; Masera *et al.*, 2007; Flores, 2010).

1.3- Biomasa.

1.3.1. Concepto.

El término biomasa tiene dos acepciones comúnmente empleadas (Diccionario de la Real Academia Española, 2014):

- la cantidad de materia acumulada en un organismo, nivel trófico, población o ecosistema, expresada en peso por unidad de área o de volumen.
- la materia orgánica originada en un proceso biológico, ya sea espontáneo o provocado, y que puede ser usada como fuente de energía.

La primera acepción se utiliza habitualmente en ecología, corresponde a la masa total de toda la materia que forma un organismo, una población o un ecosistema y tiende a mantenerse más o menos constante. Por lo general, se da en unidades de masa por cada unidad de superficie, y es frecuente medir la materia seca (Vallejo *et al.*, 2008b; Nájera y Hernández 2009) indican que por cada 100 g de peso seco de biomasa el 45-50% es carbono. Pero mucho más frecuente es el interés en la 'producción neta' de un ecosistema, es

decir, la nueva materia orgánica generada en la unidad de superficie a lo largo de una unidad tiempo, por ejemplo, en una hectárea y a lo largo de un año. En teoría, en un ecosistema que ha alcanzado el clímax la producción neta es nula o muy pequeña: el ecosistema simplemente renueva su biomasa sin crecimiento a la vez que la biomasa total alcanza su valor máximo. Por ello la biomasa es uno de los atributos más relevantes con los que expresar la productividad de un sistema biológico y caracterizar el estado de un ecosistema o el proceso de sucesión ecológica en un territorio (*Odum, 1969; Muñoz et al., 2005*).

La segunda acepción, más restringida, se utiliza habitualmente en el ámbito de las energías renovables y se suele aplicar a la biomasa de origen vegetal 'útil' en términos energéticos: las plantas transforman la energía solar en energía química por medio de la fotosíntesis, y parte de esta energía queda almacenada en forma de materia orgánica, que puede recuperarse quemándola directamente o transformándola en combustible.

Cuando se estudia el contenido en biomasa de las plantas, es habitual clasificarla según su situación en el ecosistema. Así, Gasparri y Manghi (2004) definen biomasa aérea como toda la masa viva incluyendo tronco-brazos, pámpanos, hojas y racimos; como biomasa subterránea a la biomasa de raíces y como biomasa muerta a toda la biomasa leñosa muerta que no forma parte de la hojarasca, ya sea en pie o sobre el suelo. Además, en plantas perennes es frecuente también distinguir entre componentes permanentes y no permanentes. Los permanentes incluyen a raíces y tronco-ramas, mientras que las no permanentes incluyen hojas y frutos y, en plantas cultivadas, la madera de poda (*Ollat et al., 1998; Ordóñez y Masera, 2001; Castelan-Estrada et al., 2002; Costanza et al., 2007; Sadras y Mccarty, 2007; García de Cortázar-Atauri et al., 2009; Jiménez et al., 2010; Sánchez de Miguel et al., 2011*). Así, en el caso de la vid, se consideran como componentes permanentes de la biomasa de las cepas a la raíz y el tronco-brazos, y como no permanentes (partes no perennes) a pámpanos, hojas y racimos. (*Garcidueñas, 1987; Ordóñez y Masera, 2001*).

1.3.2 Utilidad del estudio de la biomasa

Brown et al. (1996), Arroyo y Paredes (2006) y Avendaño et al. (2007), mencionan que es importante conocer la cantidad de biomasa de las especies leñosas para estimar la cantidad de Carbono que capturan, proceso que actualmente representa un servicio ambiental, constituyendo una alternativa para el manejo de recursos naturales encaminados al desarrollo sostenible y representando una alternativa de obtención de beneficios para las comunidades.

Fonseca et al., (2009) indica que a su vez, permite cuantificar la circulación de nutrientes en diferentes partes de las cepas, haciendo así comparaciones entre distintos tipos de variedades y lugares. Además de permitir cuantificar la productividad primaria neta, el funcionamiento y la dinámica de los ecosistemas (*Garcidueñas, 1987; FAO, 1995 citado por Vidal et al., 2004; Nívar et al., 2001; Montero et al., 2004*).

Debido al papel que desempeñan las especies leñosas ante el cambio climático, es importante generar escenarios de almacenamiento de carbono en la vegetación (*Zamora, 2003*); ya que la cantidad de carbono formado por las mismas cambia en función de las condiciones específicas de plantación, sitio y manejo (*Sanquetta et al., 2001*).

1.3.3. Métodos de estimación.

1.3.3.1- Medidas directas.

Se pueden usar diferentes métodos para la estimación de biomasa en ecología, agricultura o recursos forestales, pero esto depende del presupuesto disponible, la precisión requerida, y la estructura y tipo de cultivo considerado (*Ayala-López et al., 2001*).

Cuando medimos de forma directa la biomasa obtenemos una determinación. No obstante, este es un método que en la mayoría de los casos no resulta factible a nivel de parcela, porque es una forma destructiva de obtener información, la cual no es beneficiosa ni viable para el agricultor. Cuando se emplea, consiste en arrancar la cepa, separar los órganos y pesarlos, al final éstos se secan en un horno para obtener su peso seco. Mediante este método se tiene una precisión alta, pero los costos son elevados, debido al tiempo que se tarda para localizar, cortar, clasificar, secar y pesar las muestras (*Ayala-López et al., 2001*).

No obstante, puede emplearse de forma viable para establecer relaciones de uso indirecto (*Nicolás y Yuste, 2007*), así como para determinar el peso de madera de poda y la producción, ya que de por sí estas operaciones suponen separar dichas estructuras de la cepa. Así, estos dos parámetros se miden de manera directa, aunque posteriormente a partir de estos se pueden crear relaciones indirectas.

1.3.3.2- Medidas indirectas. Alometrías.

Dado que, como ya se ha indicado, en la mayoría de situaciones no es posible ni realista cuantificar de forma directa la biomasa contenida en un cultivo, es preciso estimarla de forma indirecta.

El método más utilizado para la estimación de la biomasa de una cepa de manera indirecta es el análisis dimensional, este método consiste en muestrear destructivamente órganos de un número suficiente de cepas, cubriendo un rango amplio de situaciones, y mediante un análisis de regresión se relaciona la biomasa total o de cada órgano de la cepa con algunas dimensiones conocidas como el diámetro (sección) y la altura (*Garcidueñas, 1987; Rivas et al., 1990; Caritat et al., 1992; Schlegel, 2001; Pimienta de la Torre et al., 2007; Vallejo et al., 2008*). A las relaciones matemáticas que estiman la biomasa de una planta (o de alguna de sus partes) en función de las dimensiones de la misma se les conoce como alometrías (*Huxley, 1932*). Las alometrías son modelos matemáticos que, en el caso de la vid, relacionan la biomasa con variables de la cepa de fácil medición: diámetro o sección y altura (*Acosta-Mireles et al., 2002; Avendaño et al., 2007; Vallejo et al., 2008b*). Así mismo pueden considerarse no sólo variables morfológicas, sino también fisiológicas o bioquímicas (*López, 1995*). Los métodos alométricos son capaces de proporcionar estimaciones fiables de biomasa independientemente de la variedad, la edad de las plantas, grado de competencias existente (*Castelan-Estrada et al., 2002*). Estas ecuaciones predicen la producción de biomasa de forma no destructiva y permiten determinar las fases de crecimiento del cultivo, los componentes de la biomasa y los nutrientes asociados a cada órgano, así como el rendimiento económico que se espera de una plantación (*Ares et al. 2002; Jiménez et al., 2010; López., 1998*).

Otros métodos que se utilizan también son: el método de inserciones lineales aplicado a madera muerta, que estima el volumen de la vegetación y solo requiere cortar muestras para verificación y el método de peso estimado, recomendado para herbáceas y pequeños arbustos, su precisión y su costo son bajos (Ayala-López *et al.*, 2001).

Existen a su vez, otras formas de estimación de biomasa como el peso estimado relativo, comparación de cosechas, interpretación de imágenes de satélite o fotos aéreas y técnicas de muestreo doble, estos métodos se aplican o no dependiendo del tipo de material a estudiar aplica (Garcidueñas, 1987; Ayala-López *et al.*, 2001).

Los últimos estudios realizados han creado un prototipo capaz de medir desde el espacio la cantidad de biomasa a escala global, la capacidad de asimilar el carbono de grandes extensiones vegetales, a partir de la luz que pueden absorber las plantas. Se fija en la fluorescencia emitida por la vegetación en cuadrantes de 300 metros (Játiva, 2013).

1.4- Aplicación de las alometrías en el cálculo de biomasa en viña.

En los últimos años se han realizado varios estudios que han demostrado que el enfoque alométrico es factible para el estudio de biomasa en vid (Ollat *et al.*, 1998; Castelan-Estrada *et al.*, 2002; Costanza *et al.*, 2007; Sadras and McCarty, 2007; Cortázar-Atauri *et al.*, 2009; Jiménez *et al.*, 2010; Sánchez de Miguel *et al.*, 2011 y Miranda *et al.*, 2013).

A continuación se describen las formas indirectas o alométricas empleadas en la bibliografía para la estimación de la biomasa producida por las diferentes partes de una cepa.

1.4.1. Tronco y brazos

La estimación de la biomasa contenida en las partes perennes suele abordarse mediante el cálculo de relaciones alométricas para estimar el volumen, al que luego se aplica el peso específico de la madera. Para estimar el volumen se suele asimilar la forma de tronco y brazos a troncos de cono, de los que se miden sus radios y longitud y se buscan relaciones que ligen estos volúmenes con dimensiones simples como la sección del tronco y la altura de la cepa o longitud del brazo (Garcidueñas, 1987; Williams *et al.*, 2011). Respecto al peso específico de la madera, existen escasas referencias publicadas, que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Peso específico de la madera (g/cm^3) de vid indicada en la bibliografía.

Variedad	Densidad madera (g/cm^3)	Referencias
Black Monica	0,541	Nasser <i>et al.</i> , 2014
Flamseedless	0,578	Nasser <i>et al.</i> , 2014
Vitis vinífera	0,597	Munaluna-Miencken, 2008
Thompson seedless	0,724	Nasser <i>et al.</i> , 2014
Soltany	0,734	Nasser <i>et al.</i> , 2014
Red Globe	0,756	Nasser <i>et al.</i> , 2014
Kamaly	0,761	Nasser <i>et al.</i> , 2014
Pinot Noir	0,767	Carmo and Castagnoli, 1998
Halwanny	0,802	Nasser <i>et al.</i> , 2014
Chardonnay	0,95	Williams <i>et al.</i> , 2011

Según se observa en la Tabla 1, el peso específico de la madera puede llegar a variar mucho según la variedad (entre 0,54 y 0,95 g/ cm³), aunque la mayoría de valores reportados oscilan en el rango de 0,6 -0,8 g/cm³.

1.4.2. Pámpanos

La producción de materia seca de los pámpanos podría determinarse de forma directa mediante el peso de la madera de poda (*Winkler et al, 1974*) en invierno, o bien, mediante relaciones alométricas. Algunos autores utilizan la longitud de los pámpanos como variable alométrica (*Greer y Sicard, 2009*), otros la suma de la sección de pámpanos (*Miranda et al., 2010 y 2013*) o la sección transversal del pámpano en reposo.

1.4.2.1- Medida directa del peso de la madera de poda.

El método directo para estimar la biomasa formada en pámpanos es medir el peso de la madera de poda en invierno en fresco y determinar la relación entre el peso fresco y el peso seco de los pámpanos. Para ello se pesa la madera de poda en fresco (FW), se seca en un horno y se obtiene el peso seco (DW) de la misma. En la bibliografía se suele dar el valor de 0,55 (*Winkler et al., 1974*).

Aunque esta es una medida destructiva, no afecta al desarrollo de la planta ya que se mide el resto de poda. No obstante, puede resultar costosa cuando se necesita determinar la producción de biomasa a nivel de parcela.

1.4.2.2- Estimaciones alométricas.

A la hora de estimar el peso de los pámpanos en la vid, se suele hacer a través de combinaciones entre grosor, longitud y número de pámpanos. Los dos parámetros más empleados son el grosor y la longitud, ambos están muy bien relacionados en especies leñosas, ya que lo que aumenta un pámpano en un año de longitud aumenta de manera directamente proporcional en grosor.

La longitud de los pámpanos mostró estar muy bien relacionada con el peso seco de los pámpanos de plantas de 1 o 2 años cultivadas en maceta de la variedad Semillón (*Greer y Sicard, 2009*, Figura 4). No obstante, la determinación de la alometría en cepas en campo es más dificultosa, ya que el número de pámpanos por cepa es mayor, y además hay que tener en cuenta que es frecuente que en las cepas se realicen despuntes, por lo que el grado de ajuste de las relaciones será peor.

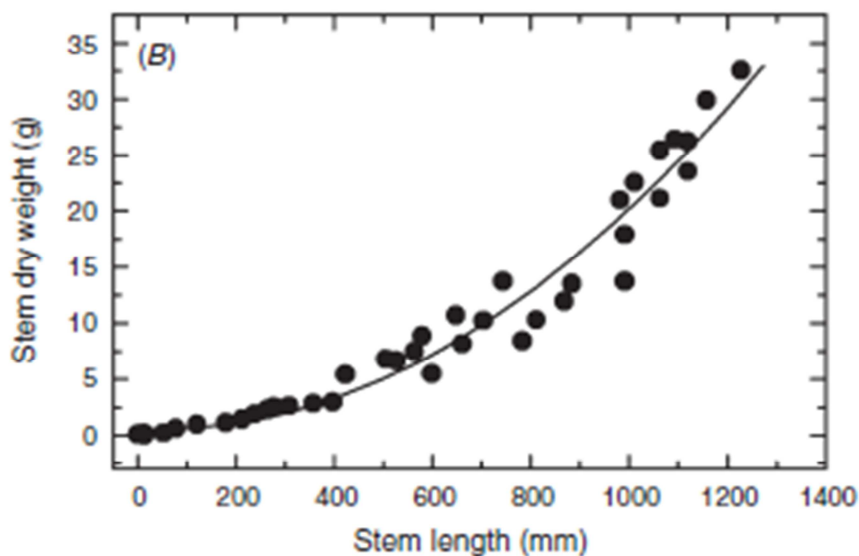


Figura 4. Cantidad de carbono en relación con la acumulación de biomasa en vid. (Greer y Sicard, 2009)

Como forma de simplificar la toma de datos en campo otros autores (Miranda *et al.*, 2013) estiman la longitud total del pámpano a partir de la sección basal del mismo, y posteriormente aplican relaciones alométricas como la descrita por Greer y Sicard (2009) para estimar el peso seco del pámpano.

1.4.3. Hojas

Para calcular la biomasa de las hojas en vid, es necesario calcular la superficie foliar (SF). La superficie foliar es un aspecto muy estudiado en viticultura, ya que es un indicador crucial de la cantidad de agua que hay en la planta, la exposición e interceptación, la asimilación de las plantas y la productividad de viñedo (Oliveira *et al.*, 1995; Baeza *et al.*, 2001; Doring *et al.* 2013). Además de ser un parámetro que tiene que ver con el crecimiento vegetativo de la planta, la calidad y el manejo de la vid. (Reinaldo Pire y Valenzuela, 1992).

1.4.3.1- Superficie foliar.

En viña hay muchos métodos para hallar la superficie foliar, clasificándose en métodos directos e indirectos (Yuste *et al.*, 2009):

A) Métodos directos

Los métodos directos pueden ser divididos igual que los indirectos en destructivos y no destructivos (Yuste *et al.*, 2009). Los primeros requieren la recogida en campo de muestra de hojas y/pámpanos, para la posterior medición en laboratorio con medidores de área foliar. Estos métodos resultan simples y asequibles (Sommer y Lang, 1994), más presentan la importante desventaja de destruir la superficie fotosintética de la planta, requerir tiempo y ser

muy laboriosos, además de no poder estimar la evolución en el tiempo de dicha superficie foliar (*Sánchez de Miguel, et al., 2011*).

Entre los métodos directos de medida no destructivos destacan, las mediciones in situ mediante dispositivos portátiles muy caros y excesivamente complicados de manejar en campo, o a través de relaciones experimentales entre la superficie foliar y otros parámetros fáciles de medir, pero sin causar perjuicio alguno al viñedo. (*Marshall 1968; Lopes y Pinto 2005*). No obstante estos últimos métodos, aunque exactos y sencillos, resultan muy laboriosos, ya que han de medir todos y cada uno de los nervios, tanto de las hojas del pámpano principal como de los anticipados. Así Carbonneau (1976b), Barbagallo et al., (1998) y Lopes y Pinto (2000), propusieron diversas alternativas a estos métodos, con el fin de reducir el número de hojas a medir en campo; aunque no consiguieron referenciar el área foliar de los anticipados, los cuales representan una proporción importante en el viñedo (*Huglin y Schneider, 1998; en Lopes y Pinto 2005*).

B) Métodos indirectos

La determinación del área foliar mediante métodos indirectos no destructivos ha sido objeto de numerosas investigaciones (*Oliveira y Santos, 1995; Barbagallo et al., 1996,2000; Ollat et al., 1998; Patakas y Noitsakis, 1999; Costanza et al., 2004*).

Entre los métodos indirectos no destructivos, cabe destacar la medida de extinción de la luz a través del canopy, los modelos empíricos donde el desarrollo de área foliar se define en función de la temperatura (*Schultz, 1992*), o las imágenes por control remoto (*Dobrowski et al., 2002*).

Estos métodos son rápidos pero de coste elevado, ya que normalmente, requieren calibración y protocolos de muestreo específicos (*Ollat et al., 1998*). Además, Smart y Robinson (1991) afirman que estos métodos tienen una seria desventaja, ya que no distinguen entre área foliar de las hojas del pámpano principal y las hojas de los nietos, lo que supone un importante inconveniente a la hora de realizar estudios en viticultura.

Por otra parte, Lopes y Pinto (2000) propusieron modelos alométricos para obtener de una manera rápida y fiable la superficie foliar del pámpano principal y los anticipados independientemente del estado del viñedo. Incluye cuatro variables; longitud del pámpano, número de hojas del pámpano principal y las áreas foliares de las hojas mayores y menores.

Jiménez et al., (2010) para las variedades Tempranillo, Cabernet Sauvignon y Graciano desarrollaron relaciones alométricas entre la superficie foliar total de la cepa y la suma de secciones basales de sus pámpanos, encontrando relaciones diferentes para cada variedad y con un grado de ajuste muy elevado ($R^2 > 0,95$).

1.4.4 Racimos

Como medida directa se suele obtener el peso del racimo, y a partir de este se hacen relaciones entre el peso seco y el fresco del mismo. En general, se estima el peso seco solamente en estudios de crecimiento a pequeña escala. De lo contrario se relaciona el contenido en sólidos solubles de la baya (TSS) y el contenido en agua (WC). En la bibliografía se han podido encontrar dos referencias que ligan ambos parámetros.

García de Cortazar-Atauri (2009) encontró que con una misma relación $WC = 94.4 - 0.82 \cdot TSS$ $R^2 = 0.954$, era posible estimar el contenido en agua de bayas de Garnacha, Syrah, Pinot Noir y Chardonnay para un rango de valores de sólidos solubles muy amplio (Figura 5).

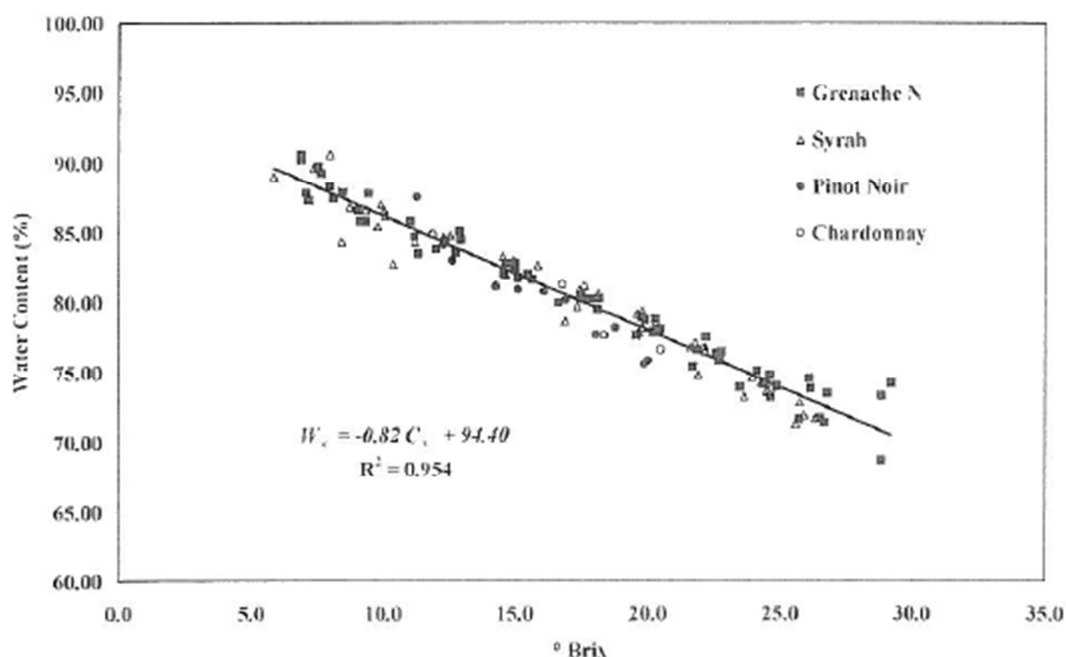


Figura 5. Relación entre el contenido en agua (%) y el ° Brix en una baya de uva. Coeficiente de regresión $R^2 = 0.95$, $P < 0.001$ (García de Cortazar-Atauri, 2009).

Duchene et al., (2010) encontró una relación similar ($WC = 0.0542 \cdot TSS^2 - 0.6593 \cdot TSS + 13.166$) entre el contenido en agua y los sólidos solubles para Riesling y Gewurztraminer. El rango de valores de ° Brix para el que puede aplicarse es menos amplio que el de G^a de Cortazar.

Para añadir la contribución del raquis se tiene en cuenta la contribución en peso fresco y seco de éste al racimo. En la bibliografía se encuentran las siguientes referencias (Tabla 2).

Tabla 2. Contribución del peso seco/peso fresco del raquis.

	Referencias	Valores	Variedad
Peso fresco raquis	Huglin Schneider 1998	3-8%	N.D
	Ribéreau-Gayon et al. 2006	3-7%	N.D
Peso seco raquis	Brunetto et al. 2011	5-10%	Chardonnay
	Dry et al. 2004	5.9-7%	Cabernet Sauvignon

1.5- Factores que influyen sobre la producción y el reparto de biomasa entre los órganos en vid.

Existe una escasa información referente a la cantidad de producción de biomasa y sus patrones de distribución a escala de viñedo, ya que la mayoría de estudios se han hecho en maceta con plantas jóvenes.

1.5.1. Factores ambientales

La cantidad de materia seca acumulada en las cepas varía en función de las condiciones a las que los viñedos se han visto sometidos. (*Yuste et al. 1997; Gil et al. 2002*). Con el aumento de las temperaturas puede inducirse un incremento de la fotorrespiración, que no conlleva fijación del CO_2 (*Sofo et al., 2005*). La acción combinada de los diferentes factores medioambientales (vapor de agua en la atmósfera y subida de las temperaturas) podría conducir a una mayor producción de biomasa, pero sólo si las plantas recibieran además un aporte de otros nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo o potasio. (*Carvajal et al., 2011*).

Dado el carácter fuertemente desecante de la atmósfera, el control de las pérdidas de agua ha sido siempre un aspecto clave para las plantas. (*Carvajal et al., 2011*) Por una parte, el flujo de agua a través de una planta debe ser suficiente para mantener la nutrición y la incorporación de CO_2 . Y por otra, como la asimilación y la transpiración están estrechamente ligadas en casi todas las plantas, la disponibilidad de agua impone un límite máximo a la productividad (desarrollo) (*Steudle y Peterson, 1998*).

Si se sigue el patrón de emisiones observado en los últimos años, se estima que la fijación de CO_2 se verá incrementada en los próximos 60 años, debido al aumento en la temperatura. Se espera que la fijación de CO_2 se incremente el 1% por cada $^\circ\text{C}$ en regiones donde la temperatura media anual es de 30°C y el 10% en regiones donde la temperatura media anual es de 10°C . (*UNESA, 2005*). Las tasas fotosintéticas subirían un 25-75% en las plantas de fotosíntesis C_3 (vid), al duplicarse la concentración de CO_2 . Al verse incrementada esta, se ve incrementada la cantidad de biomasa que forman los órganos de la vid (*Carvajal et al., 2011*).

Los estreses ambientales como la salinidad, la sequía y la disminución de la radiación solar alteran la estructura y metabolismo de las plantas, por tanto afectan a su crecimiento y su papel como secuestradores de CO_2 (*Martínez-Ballesta et al., 2009*). Estos factores ambientales, son variables clave que afectan al desarrollo de las plantas, dado que son esenciales en los procesos de absorción y transporte de agua y nutrientes (*Carvajal et al., 2011*). Por lo tanto, el efecto de esos estreses puede tener numerosas consecuencias para los cultivos. En numerosos estudios se ha mostrado que las plantas presentan frente a factores ambientales un amplio rango de respuestas que conducen normalmente a un déficit hídrico (*Kimball et al., 2002*).

1.5.2. Factores de la planta.

La producción y la acumulación de materia seca en partes perennes además de ser distintas en función de las condiciones medioambientales en la que se desarrolle el cultivo, dependen también en gran medida del material vegetal constitutivo del viñedo (*Edson et al. 1993 en Petrie et al., 2000; Lissarrague 1997, Yuste 2000*).

1.5.2.1- Patrón-Variedad

Las cepas de vid con mayor vigor en la parte aérea, tienen mayor cantidad de biomasa en sus órganos (tronco, pámpanos, hojas) y a su vez la capacidad de fijación de carbono es mayor. En este caso los racimos se ven perjudicados, la biomasa destinada a ellos es menor y por consiguiente la capacidad de fijar carbono también. Todos los factores que provocan un mayor vigor en la cepa (elección del patrón y la variedad, agua disponible, nutrientes, densidad de plantación baja...) provocan un aumento en la cantidad de biomasa aérea (Yuste y de la Torre, 2011).

Utilizando distintas variedades Yuste y de la Torre (2011) estudiaron la influencia de la variedad en la cantidad de materia seca que pueden producir las cepas. En él encontraban diferencias entre las variedades estudiadas (Albillo Mayor, Albillo Real, Verdejo, Garnacha Tinta, Juan García, Mencía, Prieto picudo y Tempranillo), en cuanto a la producción de biomasa (Figura 6). Albillo Real y Garnacha tinta son las que más cantidad de materia seca producían y acumulaban en las partes perennes de la planta, por lo que serían más eficaces secuestrando CO₂.

Tabla 3. Peso seco de madera por cepa (kg/cepa) y por hectárea (t/ha) de las ocho variedades (Yuste y de la Torre, 2011).

	Albillo Mayor	Albillo Real	Verdejo	Garnacha tinta	Juan García	Mencía	Prieto Picudo	Tempranillo
Kg/cepa	3.97	6.15	3.65	5.56	3.71	3.82	3.97	4.08
T/ha	10.07	15.63	9.27	14.04	9.46	9.54	10.07	10.40

Yuste y de la Torre (2011) en este ensayo mostraron que los resultados observados están posiblemente relacionados con las características varietales, pero además mencionan que el porta injerto (SO4) también podría haber influido en la mayor producción de biomasa en las variedades Albillo Real y Garnacha tinta. Hidalgo (2002) indica que la cantidad de biomasa formada en los órganos de la cepa puede verse influenciada por el distinto grado de afinidad porta injerto-variedad, el cual puede ser propenso a incrementar el vigor. En este sentido se cree que sería de gran interés realizar estudios de investigación sobre la producción de biomasa del viñedo usando distintos porta injertos.

1.5.2.2- Vigor

Miranda et al., (2013) en su trabajo sobre la cuantificación y el reparto de biomasa aérea para la variedad Tempranillo en más de 300 viñedos de diferentes edades, zonas climáticas y condiciones de cultivo en las principales zonas productoras de Navarra y La Rioja, y obtuvieron una buena relación entre el vigor de la cepa y la producción de biomasa en la misma. La Figura 6 muestra esa relación entre el vigor de la cepa y la producción de biomasa, y se puede ver que a medida que el vigor aumenta la producción de biomasa en la cepa disminuye, e indicaban que este comportamiento era muy similar al observado en otras especies frutales. En este estudio, además de dar el valor de la relación se indicaban los límites de confianza de las relaciones, marcando el intervalo de comportamiento que podría considerarse como normal para Tempranillo en las condiciones de cultivo de Navarra y La Rioja.

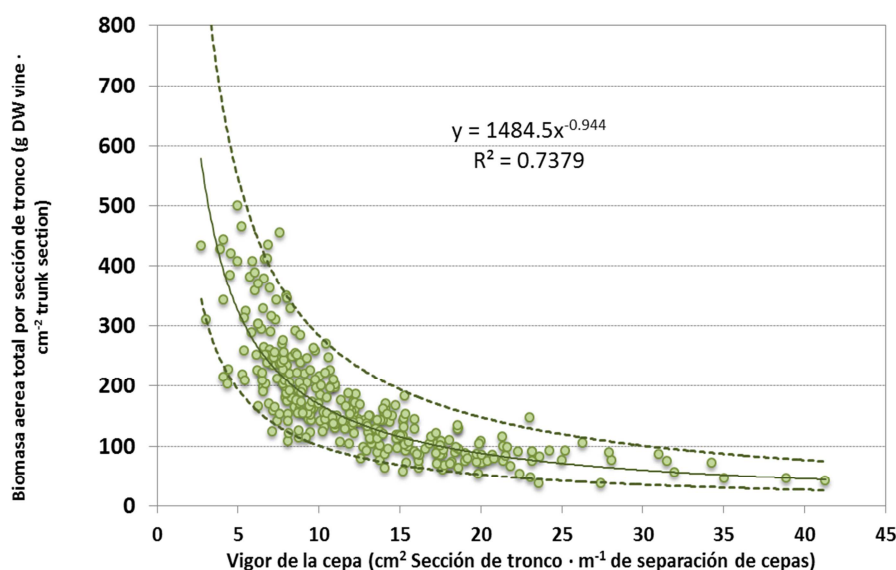


Figura 6. Influencia del vigor de la cepa sobre la biomasa aérea total por sección de tronco para la variedad Tempranillo. (Miranda et al., 2013).

1.5.2.3- Producción

Miranda et al., (2013) en su trabajo sobre la cuantificación y el reparto de biomasa aérea para la variedad tempranillo de la misma forma que en el apartado anterior, encontraron una relación entre la producción de biomasa de la cepa y la cantidad de esta que va destinada a los racimos. En la Figura 7 se puede ver que a mayor producción de biomasa en la cepa, mayor cantidad de esta está destinada a los racimos, aunque a partir de los 4 kg.m⁻¹ de calle la proporción de biomasa destinada a los racimos apenas aumenta y se mantiene casi estable en el entorno del 50-70%.

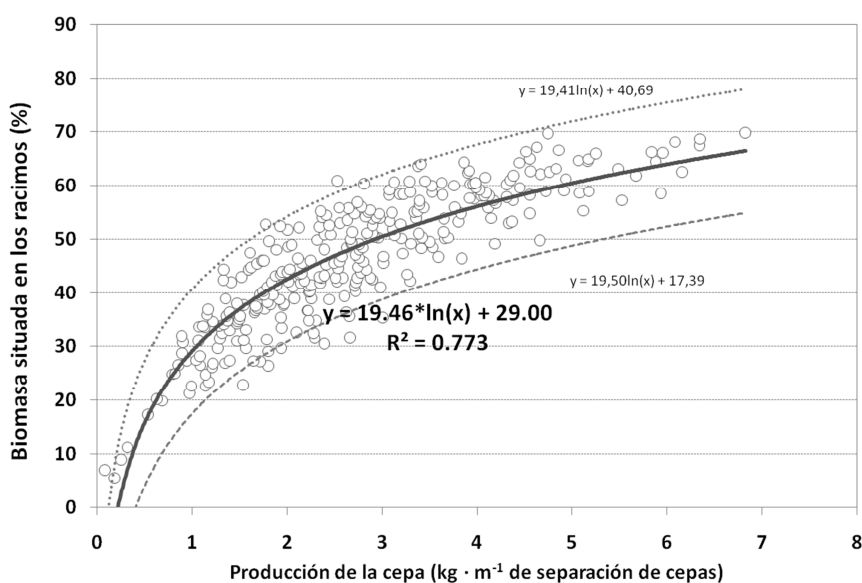


Figura 7. Influencia de la producción de la cepa sobre la cantidad de biomasa formada en los racimos para la variedad tempranillo. (Miranda et al., 2013).

1.5.3. Factores culturales.

La cantidad de materia seca que puede llegar a acumular un viñedo, puede ser distinta en función de las técnicas de cultivo a las que haya sido sometido durante su vida. (Alburquerque et al., 2009).

1.5.3.1- Densidad y posición de las plantas en la parcela

Sochacki muestra que tanto la densidad de plantación como la posición de las plantas en el paisaje, influyen en el rendimiento de biomasa, y por tanto en el secuestro de carbono. Hay mayor rendimiento cuando hay mayor densidad de biomasa y cuando las plantas se encuentran establecidas en sitios de menores pendientes, posiblemente por mayor disponibilidad de agua y nutrientes provenientes de partes altas (Fang et al., 2007).

1.5.3.2- Abonado

Pfaff et al. (2000) agrega que las prácticas de manejo también juegan un rol significativo en la determinación de la magnitud del carbono almacenado; además de que muchos autores mencionan que los sistemas fertilizados podrían secuestrar más carbono atmosférico que los sistemas no fertilizados (Gong et al., 2009; Tan et al., 2009).

1.5.3.3- Riego y estrés hídrico

La disponibilidad hídrica de la vid depende de dos factores: en primer lugar del aporte de agua a través de la lluvia o el riego y en segundo lugar de la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. Este último dependerá de factores como la textura, la porosidad, el contenido en materia orgánica y el volumen de suelo. (Linares Torres, 2009).

En general los procesos fisiológicos de una planta son extremadamente sensibles al déficit hídrico, la conservación del agua para mantener potenciales hídricos razonablemente altos suele ser el principal problema. En todas las zonas no hay la misma cantidad de agua para las plantas, y en algunos sitios además este factor es deficitario. Por ello es importante contar con una instalación de riego, para hacer aportes de agua en determinados momentos para el buen desarrollo de la vid. Con el riego aumentaría el vigor de la cepa y a su vez la cantidad de biomasa, aumentando así los valores de carbono absorbidos.

La época de riego y la cantidad de este en cada momento del ciclo de la vid puede influenciar en la cantidad de biomasa que se forme en cada uno de los órganos de la cepa y en la calidad de los racimos. Si la cantidad de riego es mayor en el periodo inactivo de la vid, la parte aérea (tronco, pámpanos y vid) aumentará de vigor y por consiguiente la cantidad de biomasa. En el caso en el que los aportes de riego se dieran a partir de enero, el racimo se verá beneficiado aumentando su biomasa y aumentando su capacidad de fijar carbono. (Linares Torres, 2009).

En general en periodo vegetativo el riego es menor para que las cepas no adquieran gran tamaño y en el momento en el que los racimos crecen el riego es superior para que esa agua vaya directamente a las bayas y estas aumenten de biomasa. (Linares Torres, 2009).

Con déficit de agua lo único que se conseguiría es una competencia entre los diferentes órganos de la vid y a su vez que la biomasa disminuya; dependiendo del momento en el que ocurra dentro del ciclo de la vid provoca unas características favorables o desfavorables a la cepa. (Linares Torres, 2009). Los efectos negativos que provoca el déficit hídrico en cada uno de los momentos del ciclo de la vid son los siguientes:

- DESBORRE-FLORACIÓN: Se reduce el crecimiento; los pámpanos son cortos, el desborre es irregular y hay pocas flores.
- FLORACIÓN-ENVERO: Hay una disminución del cuajado y una reducción del tamaño de las bayas. Después del cuajado aumenta el consumo de agua y si hay déficit severo; se produce una disminución del desarrollo del follaje, un retraso de la maduración, una disminución de la fertilidad de yemas y una reducción de la cosecha.
- ENVERO-VENDIMIA: La sequía provoca senescencia de las hojas y un adelanto del agostamiento. En este momento es importante mantener un contenido de agua adecuado para asegurar máxima cosecha y azúcares/hectárea.
- POSTRECOLECCIÓN: La falta de agua provoca una disminución en la renovación de raíces, una aceleración de la caída de hojas y una reducción de reservas en carbohidratos y nitrógeno.

Por otro lado, que a la vid en algún momento de su ciclo le falte agua, puede ser beneficioso. El déficit hídrico influye en la calidad del vino, al disminuir el crecimiento vegetativo y favorecer la iluminación de los racimos, aumentando la producción de polifenoles, y mejorando la relación hollejo/pulpa. Algunos autores recomiendan reducir los aportes de agua a las viñas para producir un ligero estrés hídrico que favorece la concentración de azúcares, la concentración de antocianos y polifenoles y aumentan la intensidad colorante.(Linares Torres, 2009).

1.5.3.4- Manejo del suelo y cubiertas vegetales.

Las técnicas de manejo del suelo según Linares Torres, (2009) pueden dividirse en dos grandes grupos, suelo desnudo y suelo con cubierta vegetal.

SUELO DESNUDO: La superficie de la plantación se mantiene libre de vegetación. Las técnicas para mantener un suelo desnudo son tres; mediante laboreo, aportando herbicidas o con acolchado.

SUELO CON CUBIERTA: La superficie de la plantación se mantiene con algún tipo de vegetación. Las cubiertas vegetales se pueden clasificar atendiendo al tiempo de permanencia en el terreno (permanente o temporal) o al espacio ocupado por la cubierta (total o parcial).

La cubierta vegetal es una técnica de cultivo con la que se pretende manejar mejor el estado hídrico de la planta. Es una técnica usada desde antiguo en la viticultura de zonas húmedas, mientras que en zonas áridas o semi-áridas es conocido el efecto depresivo sobre la vegetación ya que compiten con el viñedo por el agua disponible. No obstante, en el viñedo de regadío puede ayudar a evitar los excesos de crecimiento vegetativo: se implantan cubiertas cuyo periodo de crecimiento sea invierno y primavera, de forma que la competencia durante la primavera produzca un estrés moderado sobre las cepas y regule el crecimiento de éstas. En verano la cubierta se seca y ya no compite por el agua, y como la masa vegetativa de la cepa es

menor, también lo son sus necesidades hídricas, y es más sencillo mantener a las plantas dentro de unos niveles adecuados de estrés hídrico. En la medida que el uso de cubiertas puede moderar el desarrollo vegetativo, estaría alterando también el reparto de biomasa entre los órganos de la cepa. Diversos autores han estudiado el efecto del manejo del suelo sobre el rendimiento de la viña. En general, la competencia de las cubiertas vegetales por el agua y los nutrientes tiene efectos depresores sobre el rendimiento (*Van Huyssteen et al., 1980; Candolfi-Vasconcelos et al. 1999; Hernández et al. 2000; Tesic et al. 2007*). Sin embargo, el efecto que el manejo del suelo produce sobre el rendimiento depende en gran medida de la intensidad, la duración de la competencia y de la disponibilidad en nutrientes y agua del medio (*Tesic et al., 2007*). Candolfi-Vasconcelos et al. (1999); Maigre et al. (2000a); Gay et al. (2004), al comparar suelo desnudo con laboreo y cubierta vegetal permanente, observaron que el empleo de cubiertas vegetales reducía la producción de un 22% hasta un 50%.

2- OBJETIVOS

- Determinar la cantidad de biomasa aérea que se acumula en las diferentes partes de cepas de ‘Tempranillo’, en condiciones de campo, usando métodos alométricos.
- Evaluar la adecuación de las relaciones alométricas disponibles para la estimación de la biomasa de pámpanos y racimos aplicadas a ‘Tempranillo’ en condiciones de campo.
- Evaluar la influencia del estado hídrico, gestionado mediante diferentes dosis de riego y el sistema de manejo del suelo, sobre la producción y reparto de biomasa aérea entre los diferentes órganos de la cepa.

3.- MATERIAL Y MÉTODO

3.1-MATERIALES

3.1.1.- Material vegetal

El trabajo se ha efectuado en una explotación vitícola del término municipal de Traibuenas, perteneciente a la Bodega Ochoa. El material vegetal utilizado ha sido Vitis vinífera L. variedad “Tempranillo”. Las características específicas de la variedad se muestran en el Anejo 2. La plantación está conducida en un sistema de poda de cordón doble, apoyada en espaldera. Los brazos de la cepa se sitúan a una altura de unos 60 cm y cada brazo tiene 4 o 5 pulgares.

3.2-MÉTODO

3.2.1.- Diseño del ensayo

Con el fin de abarcar un mayor rango de situaciones vitícolas dentro del estudio, se trabajó en zonas del viñedo con diferente tipo de suelo y además en los diferentes tipos de suelo se dieron tres situaciones en las dosis de riego.

3.2.1.1. SUELO

En lo relativo al suelo, se utilizaron dos parcelas de la finca en una de ellas el suelo se manejó de dos maneras distintas, de forma que se dispuso de tres situaciones diferentes de suelo (Figura 8):

- A. Suelo labrado: Es un suelo arcilloso, la compactación del terreno es mayor a medida que la profundidad aumenta. El porcentaje de elementos gruesos varía entre un 5-20% y el porcentaje de elementos finos de 80% a 95% permitiendo retener agua formando charcos. Este suelo se mantiene mediante un labrado con cultivador. De esta manera se evita la aparición de las plantas adventicias y se rompe la capa superficial que se produce en suelos con arcilla.
- B. Suelo con cubierta vegetal: Como se ve en la Figura 8, es la misma parcela que para el suelo labrado. Es un suelo arcilloso, conforme aumenta la profundidad las capas son más compactas. El porcentaje de elementos gruesos varía entre 7% y el de elementos finos entre un 93%, tratándose de un suelo arcilloso. En este caso a diferencia del suelo anterior, este está recubierto por plantas adventicias. Para controlar su crecimiento, la cubierta es segada varias veces al año. En verano las plantas se encuentran secas, por lo que no compiten con la viña.

- C. Suelo con cascajo: Este suelo se encuentra en otra parcela distinta a los dos manejos de suelo anteriores. Contiene fragmentos de piedra y paja, además de otros materiales parecidos que pueden quebrarse.

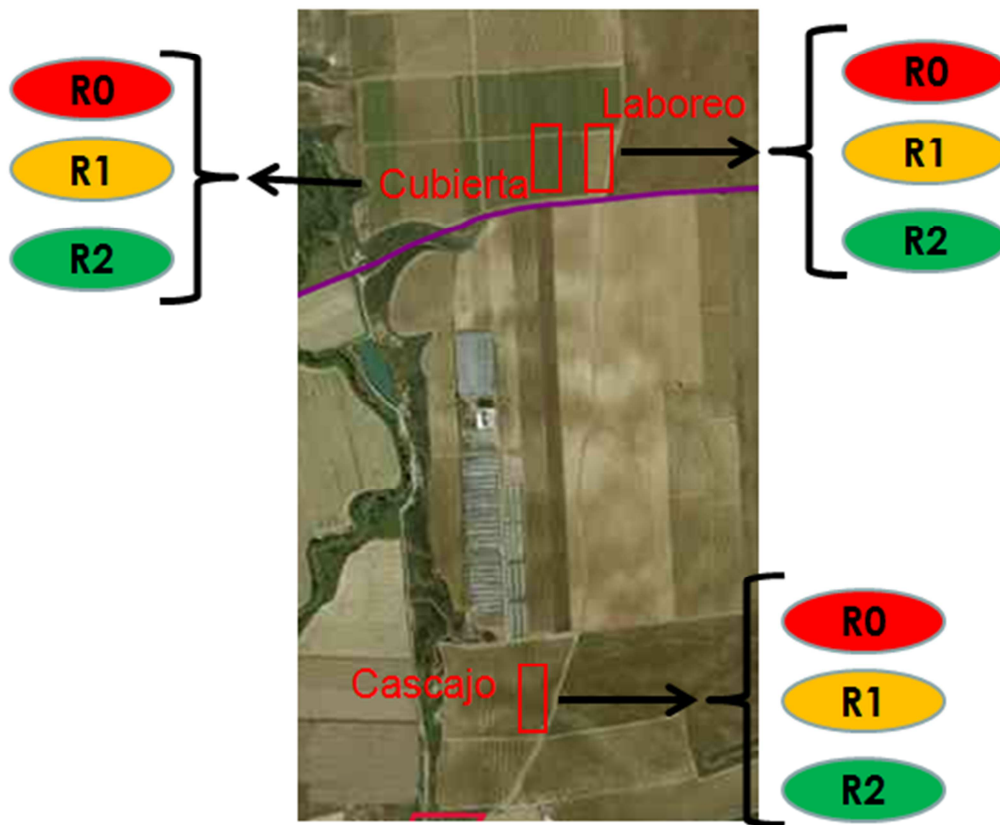


Figura 8. Plano de las dos fincas utilizadas para el estudio y tipo de riego establecido en ellas.

3.2.1.2. TIPO DE RIEGO

En cada tipo de suelo se establecieron tres situaciones de riego (Figura 8):

- Sin riego (R_0): En estas cepas se taparon los goteros del tubo de riego, de este modo el agua que recibieron dichas cepas fue únicamente la de la lluvia.
- Riego normal (R_1): En estas cepas se mantuvo el tubo de riego presente en la parcela, este riego consistía en las aportaciones determinadas por el personal técnico de la bodega. De este modo el agua que recibieron dichas cepas fue la del riego y la de la lluvia.
- Riego doble (R_2): Estas cepas contaban con un tubo de riego normal y otro tubo de riego, de iguales características (número y caudal de goteros) que se instaló exclusivamente para este estudio. Se consiguió que la cantidad de agua aportada por el riego fuera el doble de la cantidad de agua aportada en el riego R_1 junto con el agua aportada por la lluvia.

En ambas situaciones de riego se regó con la misma frecuencia.

De esta manera se establecieron un total de nueve variantes de tipo de suelo y riego. En cada tratamiento de riego, se eligieron 30 cepas uniformes (en lo referido a la sección de tronco) y representativas de la zona del viñedo en la que se encontraban.

3.2.2.- Controles realizados.

Los datos utilizados en este trabajo se hicieron en 3 campañas consecutivas (2010-2012); de las dos primeras campañas los datos fueron obtenidos por el grupo de viticultura y fruticultura de la Universidad Pública de Navarra y el tercero durante la realización de este trabajo.

En cuanto a los controles realizados, se midieron:

- Altura de la cepa (cm): Considerándola hasta la altura del primer alambre.
- Sección del tronco a media altura (cm²): Se midieron dos diámetros a 90 ° cada uno, y el valor medio se empleó para calcular la superficie transversal del tronco, asumiendo que era circular. La medida se hizo en dos momentos, en reposo, antes de brotación, y al final del ciclo.
- Longitud del brazo (cm): Se estimó como la mitad de la distancia entre dos cepas de la línea.
- Sección basal de los pámpanos (cm²): A partir del diámetro de los pámpanos medidos en el segundo entrenudo con un calibre, en verano.
- Número de pámpanos por cepa.
- Cantidad de sólidos solubles (°Brix) en el racimo: Se cogieron muestras de 200 bayas por cada dosis de riego en cada uno de los tres manejos de suelo y se llevaron al laboratorio. El mosto de esas bayas se midió con ayuda de un refractómetro y se expresó como ° Brix.
- Potencial hídrico: Se siguió el protocolo descrito por Scholander et al., (1965) para medir el potencial xilemático de la vid. Para ello se hicieron tres medidas de potencial hídrico en hoja dos días a la semana (lunes y jueves); una a las 6:00 de la mañana (antes de amanecer), otra a las 11:30 (media mañana) y otra a las 14:00 (medio día). Para la primera medida a las 6:00 de la mañana se cogieron muestras de hojas de cada situación de riego y cada manejo de suelo. Para las medidas de las 11:30 y 14:00 una hora antes de hacer la medición, se tapaban las hojas que se iban a utilizar con una bolsa, para evitar que la hoja perdiese agua. Para hacer las medidas de potencial hídrico se utilizó una cámara de presión. El procedimiento utilizado para medir el potencial hídrico se muestra en el Anejo 3.

3.2.3.-Tratamiento de los datos.

3.2.3.1 MÉTODOS PARA CALCULAR LA BIOMASA DE CADA UNO DE LOS ÓRGANOS DE LA VID

Los datos medios de crecimiento vegetativo aéreo y de rendimiento obtenidos para el conjunto de 30 cepas medidas en cada combinación de suelo/riego se transformaron a valores de biomasa mediante relaciones alométricas tanto consultadas en la bibliografía, como de obtención propia.

A) TRONCO Y BRAZOS

- Volumen del tronco y brazos.

Se emplearon las siguientes relaciones alométricas descritas por Miranda et al. (2013) para cepas de Tempranillo:

$$\text{Volumen Tronco (cm}^3\text{)} = 24,295 * TA + 16,026 * TH - 491,583 \quad (R^2 = 0.82)$$

$$\text{Volumen Brazos (cm}^3\text{)} = 29,582 * TA + 4,203 * CL - 185,709 \quad (R^2 = 0.88)$$

En las que TA (cm²) corresponde a la sección de tronco medida a media altura, TH (cm) corresponde a la altura del tronco y CL (cm) a la longitud de los brazos. Se obtuvo el volumen del tronco y brazos al comienzo y al final de cada ciclo.

- Conversión del volumen en biomasa.

Los volúmenes obtenidos para el inicio y fin de ciclo fueron transformados a biomasa multiplicándolos por su peso específico. Se empleó el valor de 0,767 g cm⁻³ descrito por Candolfi-Vasconcelos y Castagnoli (1998) por permitir la comparación directa con los resultados de Miranda et al (2013) y ser similar al de la mayoría de valores indicados en la bibliografía (*Carmo and Castagnoli, 1998; Nasser et al., 2014*).

B) PÁMPANOS

La biomasa producida en los pámpanos se estimó a partir de dos métodos:

- Relación de la longitud del pámpano y la sección del mismo.

- **Cálculo de la longitud del pámpano**

Se empleó la siguiente relación alométrica descrita por Miranda et al. (2013) para estimar la longitud total de los pámpanos (incluyendo anticipado) en Tempranillo según la sección basal de los mismos:

$$\text{Longitud del pámpano} = 373.35 * e^{0.0193 * SA} \quad (R^2 = 0.67)$$

En la que SA (mm) es la sección del pámpano.

- **Conversión de la longitud del pámpano en biomasa**

La longitud del pámpano se transformó a biomasa utilizando la siguiente relación alométrica descrita por Greer y Sicard (2009) para Semillón:

$$\text{Biomasa pámpano (g)} = 0.0278 * \text{SL} - 7.196 \quad (R^2 = 0,964)$$

En la que SL (mm) es la longitud del pámpano calculada anteriormente.

Por último se multiplicó la biomasa de cada pámpano por el número de estos existentes en la cepa y se obtuvo la biomasa total de los pámpanos.

- Relación entre el peso de la madera de poda (PMP) y la suma de sección de pámpanos (SSP)

- **Cálculo del peso de la madera de poda**

Se buscó una ecuación alométrica que relacionase la SSP máxima de una cepa con el PMP de la misma. Para ello en verano durante varios años se midieron la SSP en 30 cepas como se ha descrito anteriormente, esas mismas cepas en invierno se podaron y se pesaron los sarmientos. Se utilizaron tanto datos ya registrados en los años 2010-2011 por el departamento de viticultura y fruticultura de la Universidad Pública de Navarra como los datos obtenidos en 2012 que se encuentran recopilados en este trabajo. Se buscó cual fue la mejor relación curvilínea que ligase la SSP y PMP de la cepa y se promediaron los valores obtenidos en repeticiones de 30 cepas.

- **Conversión del peso de la madera de poda en biomasa**

Se buscó cual era la relación entre peso fresco/peso seco para esos mismos sarmientos. Para ello, después de obtener el peso fresco pesando la madera de poda, estos sarmientos se secaron durante 5 días en un horno y se pesaron, obteniendo así el peso seco. Se tomaron valores de materia seca para cada una de las combinaciones suelo y manejo de riego.

C) HOJAS

- Superficie foliar (SF)

Se empleó la siguiente relación alométrica descrita por Jiménez et al. (2010) para hojas de Tempranillo:

$$\text{SF} = 6183,08 * \text{SSP} - 2318,77 \quad (R^2 = 0.91)$$

En la que SSP (mm²) es la suma de sección de pámpanos

- Conversión de la superficie foliar en biomasa

La superficie foliar obtenida se transformó a biomasa multiplicándola por el peso específico de la hoja (g/cm^2). El peso específico de la hoja para la variedad tempranillo es de 0,0066 gramos peso seco/ cm^2 descrito por Miranda et al (2013).

D) RACIMOS

La biomasa producida por los racimos se estimó a partir de dos relaciones alométricas que relacionan el contenido de azúcar de las bayas con el contenido en agua:

- Biomasa bayas

- **Relación G^a de Cortazar-Atauri**

Se empleó la siguiente relación alométrica descrita por G^a de Cortazar-Atauri (2009) en tanto por ciento para racimos de Tempranillo:

$$\text{WC} = 94,4 - 0,82 * \text{TSS} \quad (R^2 = 0.954)$$

En la que WC corresponde al contenido en agua de la baya y TSS (nº Brix) al contenido en azúcar de la baya

- **Relación Duchene**

Se empleó la siguiente relación alométrica descrita por Duchene et al (2010) en tanto por ciento para racimos de Tempranillo:

$$\text{WC} = 0,0542 * (\text{TSS}^2) - 0,6593 * \text{TSS} + 13,166 \quad (R^2 = 0,97)$$

En la que WC corresponde al contenido en agua de la baya y TSS (nº Brix) al contenido en azúcar de la baya

- Biomasa racimo

Para estimar la biomasa del racimo hay que aplicarle la contribución del raquis en peso fresco y peso seco a las bayas. Para peso fresco se le aplicó un 5% (Ribéreau-Gayón et al 2006) y un 7% para peso seco del raquis (Dry et al., 2004), que son los valores medios de los indicados en la bibliografía (Huglin Schneider 1998; Dry et al., 2004; Ribéreau-Gayon et al., 2006; Brunetto et al., 2011) y fueron también utilizados por Miranda et al. (2013).

3.2.3.2 ESTADO HÍDRICO DE LAS PARCELAS DEL ENSAYO.

Se midió el potencial hídrico de tallo de las parcelas del ensayo en tres momentos del día (amanecer, media mañana y mediodía) desde cuajado hasta vendimia, una vez por semana. En cada medición, se tomaban al menos cinco hojas jóvenes y sanas que habían alcanzado al menos 2/3 de su tamaño final, obtenidas de 5 cepas. Las medidas se hacían con una cámara de presión. Las hojas se embolsaban una hora antes de las mediciones usando bolsas con autocierre recubiertas de un plástico aluminizado para equilibrar el potencial con el del tallo.

3.2.3.3 CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA Y REPARTO DE ESTA POR LOS ÓRGANOS DE LA CEPA.

Con los valores de biomasa obtenidos para cada uno de los órganos de la cepa considerados (madera, pámpanos, hojas, racimos) se obtuvo el total de biomasa aérea, así como el reparto (en %) entre ellos. Se calcularon tanto los valores para cada año como los acumulados para el ciclo de tres años considerado.

3.2.3.4 EVALUACIÓN DE LA INCIDENCIA DEL ESTADO HÍDRICO Y EL MANEJO DEL SUELO EN LA PRODUCCIÓN Y REPARTO DE BIOMASA POR ÓRGANOS.

El efecto del tipo de riego y el manejo del suelo sobre la producción y el reparto de la biomasa entre los órganos se evaluó comparando los valores obtenidos con las curvas obtenidas por Miranda et al (2013) para 324 viñedos de Tempranillo de La Rioja y Navarra, ya que incluyen una gran cantidad de situaciones de cultivo propias de la zona y los valores y relaciones que indican pueden considerarse como valores de referencia para el viñedo de esta variedad en la región. Se comparó la posición de las cepas del ensayo respecto a las siguientes curvas de comportamiento:

- La biomasa producida anualmente por unidad de sección de tronco de la cepa ($\text{g MS} \cdot \text{cm}^{-2}$ sección) en función del vigor de la cepa expresado como cm^2 de sección de tronco $\cdot \text{m}^{-1}$ de separación de cepas.

- La proporción de biomasa destinada a los racimos en función de la producción de la cepa.

Además, se observaron en cada uno de los años del estudio (2010, 2011, 2012) y en el cómputo de los tres años la relación existente entre el estado hídrico de las cepas, estimada mediante los valores de potencial hídrico al amanecer, a media mañana y al mediodía y la producción de biomasa de las cepas.

4- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1-Obtención de una relación alométrica para estimar la biomasa de los pámpanos en tempranillo.

Se ha buscado una relación alométrica entre la suma de sección de pámpanos (SSP) y el peso de madera de poda (PMP). En la Figura 9 se muestra la mejor relación que se ha encontrado entre ambos parámetros para las condiciones y datos de este estudio en cepas de Tempranillo. Se comprueba que, conforme aumenta la SSP el PMP también, de forma que dentro del rango de tamaños de pámpano estudiados la suma de secciones de pámpano se dobla, pero el peso de la madera de poda se triplica.

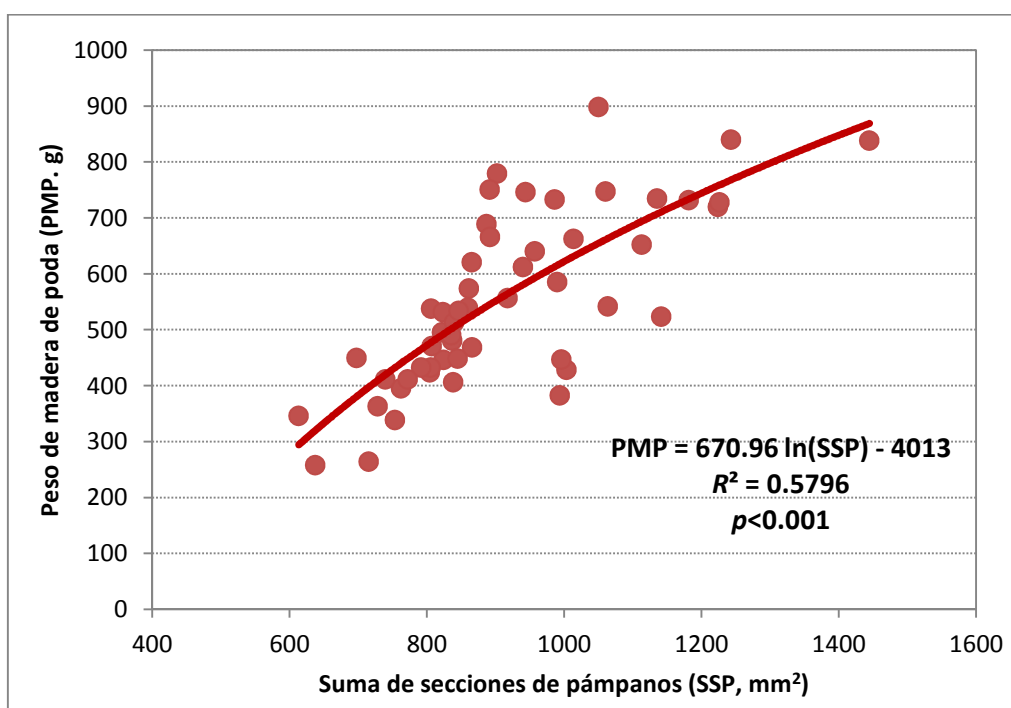


Figura 9. Relación entre la suma de secciones de pámpanos de una cepa (mm²) y el peso de la madera de poda (g). Cada punto representa un valor medio de 10 cepas de las 27 distintas combinaciones entre suelo y agua de este trabajo.

La relación obtenida es significativa ($p < 0,001$) con un grado de significación de $R^2 = 0,58$, siendo este valor moderadamente alto. No obstante, hay un 42% de la variación del PMP que no se explica por medio del grosor de los pámpanos. Este es un factor lógico, puesto que el parámetro alométrico utilizado no puede tener en cuenta los anticipados, la presencia de despuntes y la intensidad de estos, además del error experimental. Teniendo en cuenta las limitaciones indicadas, la relación puede considerarse aceptable y, además, tiene un nivel de ajuste no muy diferente del una relación descrita por Miranda et al., (2013) en el que relacionan el área basal del pámpano y su longitud del pámpano para Tempranillo en parcelas de La Rioja y Navarra.

Hay que tener en cuenta que la ecuación de Miranda et al., (2013) obtiene una estimación de la longitud, y que para convertir la longitud de los pámpanos a peso seco hay que utilizar una segunda relación que ligue longitud y peso de pámpano. En la bibliografía sólo se dispone de la relación de este tipo obtenida por Greer y Sicard, (2009) para la variedad Semillón cultivada en maceta.

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la relación entre el peso de la madera de poda y el peso seco, obtenidos a partir de muestras de sarmientos de todos los tratamientos de este estudio. En la tabla se comprueba que los valores son muy similares en todos los tratamientos, entre 0,51 y 0,54, siendo la media 0,52, valor muy similar al indicado en la bibliografía 0,55 (Winkler et al., 1974).

Tabla 4. Relación peso fresco/peso seco para la variedad Tempranillo.

		Peso fresco (g)	Peso seco (g)	Seco /Fresco
Laboreo	R0	136,7	73,1	0,53
	R1	131,2	68	0,52
	R2	157,9	82,1	0,52
Cubierta	R0	125	68	0,54
	R1	135,3	72,5	0,54
	R2	177,3	91,7	0,52
Cascajo	R0	124,2	65,6	0,53
	R1	117,6	62,1	0,53
	R2	151,1	77,1	0,51
TE				0,53

4.2-Determinación de la alometría más adecuada para el cálculo de biomasa de pámpanos y racimos.

4.2.1- Pámpanos

En la Figura 10 se comparan los valores de biomasa de los pámpanos obtenidos al aplicar la relación alométrica descrita por Miranda et al., (2013) y la obtenida en este trabajo e indicada en el punto anterior. La línea azul indica la línea de igualdad en la que ambas relaciones ofrecerían un mismo resultado y, por tanto, serían intercambiables.

En la Figura 10 se pueden ver dos zonas muy diferenciadas; la primera en la que el Peso Seco de Pámpanos (PSP) obtenido con la alometría de este trabajo (PSP-Este trabajo) es inferior a 400 gramos y la segunda a partir de ese valor. En la primera zona los valores están muy bien relacionados linealmente, pero el método de Miranda et al., (2013) ofrece valores un 37% superiores al método utilizado en este trabajo.

En la segunda zona (cepas con PSP-Este trabajo > 400 gr) no hay relación alguna entre ambos métodos, y las expresiones de Miranda et al., (2013) ofrecen valores de más del doble. Esta discrepancia podría explicarse porque el método de Miranda et al., (2013) utiliza una ecuación exponencial, obtenida para un rango de secciones de pámpano inferiores a los observados de este estudio, ya que en el estudio indicado, los pámpanos en ningún caso superaban los 100 mm² (Miranda, comunicación personal), mientras que en este trabajo la sección máxima de pámpanos superó los 120 mm².

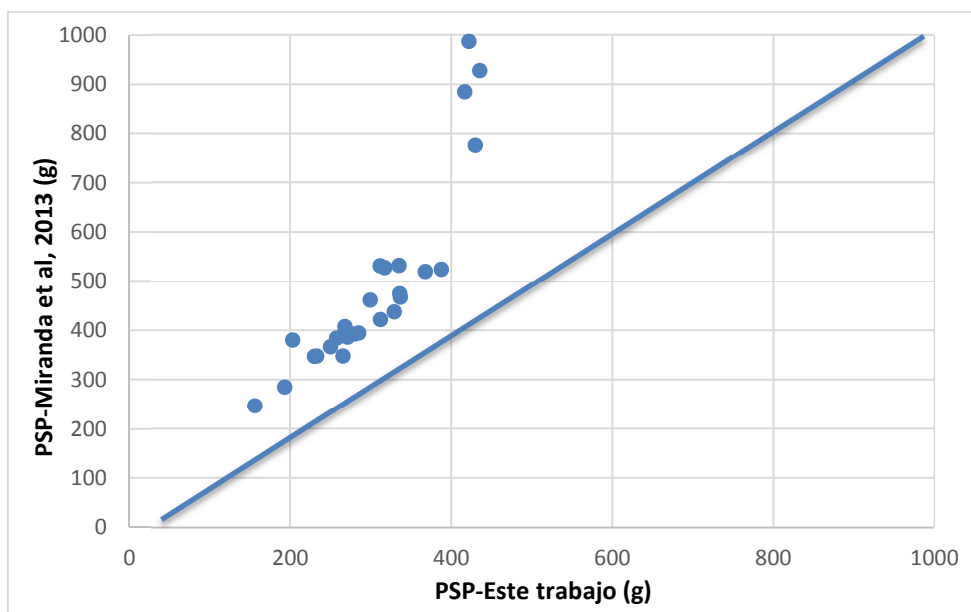


Figura 10. Comparación entre el método de Miranda et al., (2013) y este trabajo para el cálculo del peso seco de los pámpanos a partir de la suma de sección de pámpanos (SSP). Cada punto representa al valor medio de 10 cepas.

4.2.2- Racimos

En la Figura 11 se comparan los resultados de peso seco del racimo según las alometrías descritas por Duchene et al., (2010) y la obtenida por G^a de Cortazar et al., (2009). Se puede ver que hay una relación muy buena y lineal entre ambos métodos. La diferencia entre ambos es que el método de Duchene et al., (2010) tiende a sobreestimar (2,6%) la biomasa de racimo para la misma cantidad de azúcar (°Brix) respecto al método de G^a de Cortazar-Atauri (2009).

El método de Duchene et., (2010) tiene un rango de valores más estrecho (17-27° Brix), que el estudiado por G^a de Cortazar et al., (2009) (5-30° Brix). En las condiciones de este estudio funcionarían ambos de forma muy similar, ya que los racimos tienen contenidos de sólidos solubles entre 21 y 26 °Brix, pero en otras condiciones si los datos de partida se salen de ese rango los resultados serían mucho más altos. Por ello, se opta por el método de G^a de Cortazar-Atauri (2009), ya que como su rango de aplicación es mucho más generalizable, además de que es aplicable a un número mayor de variedades de vid.

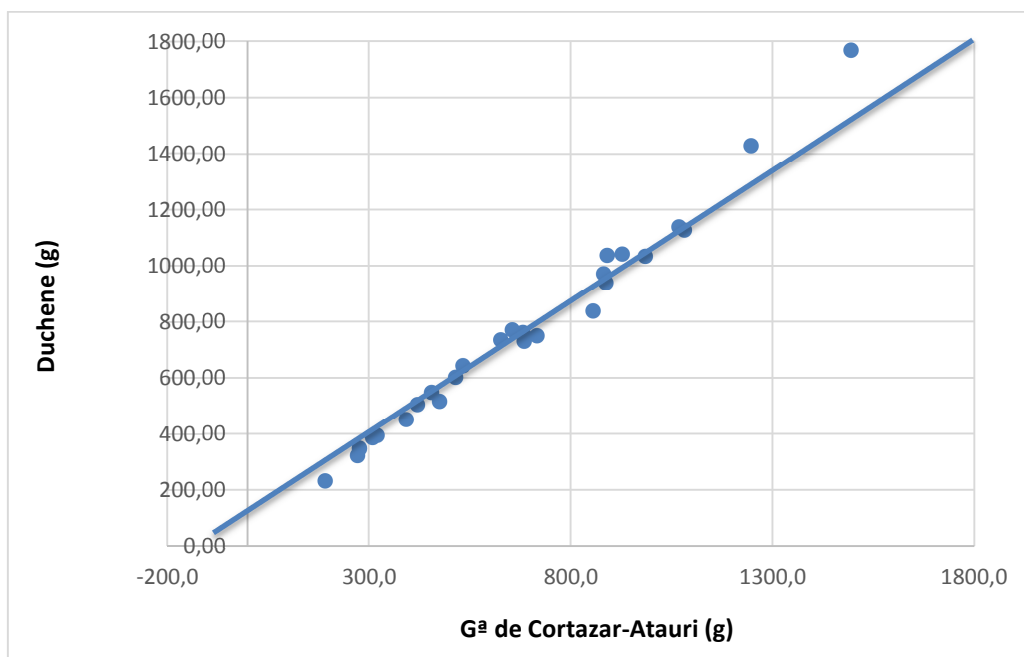


Figura 11. Comparación entre el método de Duchene et al., (2010) y G³ de Cortazar-Atauri (2009) para el cálculo del peso seco de los racimos a partir de la cantidad de sólidos solubles presentes en él. Cada punto representa al valor medio de 10 cepas.

4.3- Estado hídrico de las parcelas de ensayo.

En la Tabla 5 se resumen las diferencias de potencial hídrico a lo largo del ciclo (cuajado-vendimia) según la dosis de riego, el sistema de manejo de suelo y el año, medidos en tres momentos del día (al amanecer, a media mañana y a mediodía). Los valores desglosados para cada año, sistema de manejo y dosis de riego se encuentran en el Anejo 4.

Respecto a la dosis de riego, se observa que, antes del amanecer, las cepas no regadas (R_0) tenían un potencial un 25% inferior al de las regadas normalmente (R_1), mientras que al doblar la dosis de riego (R_2) se conseguía aumentar el potencial sólo un 10% respecto de las R_1 . Las diferencias entre R_0 y R_1 son menores cuando se evalúa el potencial a media mañana y a mediodía (20%), mientras que las existentes entre R_1 y R_2 aumentan, ya que pasan a estar en torno al 15%.

Cuando se analiza el efecto del manejo del suelo, se observa que las diferencias entre tratamientos son más pequeñas. No hay grandes diferencias, como mucho del 10%, y se puede ver que los valores de potencial hídrico entre las cepas con cubierta y laboreo son casi idénticos, y que el cascajo está menos estresado al amanecer y más a partir de media mañana.

Analizando los valores de potencial hídrico por años, se puede ver como en 2010 y 2011 las condiciones fueron parecidas, fueron años más cálidos o con más estrés ambientales, porque los valores de potencial hídrico son superiores, sobre todo a partir de media mañana. Por otro lado en 2012 se ve que los niveles de estrés hídrico son muy inferiores, mostrando valores de potencial hídrico en torno a la mitad de los años anteriores.

Tabla 5. Potencial hídrico a lo largo del ciclo (cuajado-vendimia) según el tipo de riego, el tipo de suelo y el año.

		Ψ_{pd} (amanecer)		Ψ_{s-morn} (media mañana)		Ψ_{s-noon} (mediodía)	
Parámetro		Media	cv (%)	Media	cv (%)	Media	cv (%)
Riego	R0	-0,52	-33	-1,02	-18	-1,17	-15
	R1	-0,41	-37	-0,83	-24	-0,99	-21
	R2	-0,37	-41	-0,71	-30	-0,87	-26
Suelo	Cascajo	-0,41	-39	-0,92	-21	-1,08	-16
	Cubierta	-0,45	-38	-0,82	-33	-0,97	-30
	Laboreo	-0,44	-39	-0,82	-27	-0,98	-24
Año	2010	-0,51	-12	-0,98	-8	-1,11	-4
	2011	-0,56	-18	-0,95	-21	-1,14	-17
	2012	-0,24	-29	-0,62	-31	-0,78	-29

Tal como se puede observar en la Tabla 5, se ha conseguido un rango muy amplio de situaciones con el conjunto de distintos tipos de riego aplicados y el manejo del suelo a lo largo de los tres años, de forma que se puede considerar que los resultados que se obtengan podrán aplicarse a una gran variedad de situaciones de cultivo.

4.4-Cuantificación de la biomasa y reparto de esta por los órganos de la cepa.

4.4.1- Caracterización de las cepas y producción de biomasa

La Tabla 6 se presentan los valores medios, desviaciones típicas y rangos para las características de las cepas medidas en el conjunto de situaciones del estudio, así como de los valores de biomasa total, y se comparan con los rangos observados por Miranda et al., (2013) para 324 parcelas de ‘Tempranillo’ cultivadas en las principales zonas vitícolas de Navarra y La Rioja. Se puede ver que, en conjunto, se ha conseguido de un amplio nivel de variabilidad entre tratamientos, ya que los coeficientes de variación superan el 20% en la mayor parte de los casos, y los valores máximos duplican o triplican a los mínimos. Cuando se comparan con los rangos observados por Miranda et al (2013), se comprueba como las ver como el tamaño de las cepas, aunque similar de media, es mucho menos variable, lo que es lógico dado que en este trabajo se ha realizado en una única explotación, con cepas de la misma edad, y el primer año se partía de cepas bastante similares. El resto de parámetros (carga, desarrollo vegetativo, producción) presentan rangos de valores y variabilidad similares a los observados por Miranda et al (2013). De todo esto, se puede deducir que con las diferentes estrategias seguidas en este trabajo han conseguido obtener una amplia gama de situaciones vegetativas y productivas, y por tanto los resultados podrían ser generalizables.

Tabla 6. Resumen de las principales características del conjunto de cepas estudiadas en este trabajo y su comparación con los rangos de valores observados por Miranda et al., (2013) en parcelas de ‘Tempranillo’ cultivadas en Navarra y La Rioja.

Parámetros	Este trabajo (N=27)				Miranda et al., 2013 (N= 324)			
	Media	cv (%)	Min	Max	Media	cv (%)	Min	Max
Sección del tronco (cm2)	15,49	14,0	10,92	19,46	14,6	56,1	2,57	46,63
Nº pámpanos/cepa	11,98	14,9	7,93	16,50	13,84	31,7	9,01	25,03
Sección del pámpano/cepa (cm2)	9,19	20,2	6,05	12,87	9,91	31,6	5,89	18,39
Área foliar/cepa (m2)	5,45	21,1	3,51	7,73	6,76	29,9	3,94	11,89
Nº de racimos/cepa	10,74	35,8	4,60	17,50	12,63	37,3	5,8	24,96
Sólidos solubles en las bayas (ºBrix)	24,50	7,6	20,08	27,20	22,39	7,9	18,6	25,9
Rendimiento/vid (kg)	2,60	51,5	0,70	5,49	3,22	51,2	0,9	7,33
Total biomasa (kg)	1,42	26,8	0,73	2,23	1,76	31,3	0,91	3,02

4.4.2- Reparto.

En la Tabla 7 se presenta el reparto de la biomasa total entre los órganos vegetativos y reproductivos de la vid obtenidos en este trabajo y se compara con los obtenidos por Miranda et al., (2013).

Del total de biomasa formada, casi la mitad (45%) va destinado a los racimos, un 48% a los pámpanos (incluyendo las hojas), y el resto al tronco y brazos. Dentro de los pámpanos, las hojas y los pámpanos acumulan biomasa casi a partes iguales. Los niveles de variabilidad son muy altos en el caso de la biomasa destinada al tronco (cv >80%), y están entre el 20 y el 30% para el resto de órganos. Se puede ver como el conjunto de situaciones observadas en este trabajo en términos de reparto es muy similar a los de Miranda et al., (2013).

Tabla 7. Reparto (%) de la biomasa producida en los órganos vegetativos y reproductivos para el conjunto de parcelas empleadas en este trabajo, comparado con los obtenidos en el estudio de Miranda et al., (2013).

Órgano	Este trabajo (N=27)				Miranda et al., 2013 (N=324)			
	Media	Desv	Min	Max	Media	Desv	Min	Max
Tronco	6,81	5,57	0,67	20,17	5,06	4,21	0,15	11,77
Pámpanos	21,99	4,54	15,04	32,10	22,48	6,30	13,84	36,62
Hojas	26,14	5,51	17,18	37,39	26,28	5,52	16,18	41,41
Racimos	45,07	13,21	23,30	67,10	46,18	12,64	22,10	66,19

4.5-Influencia del manejo del agua y el tipo de suelo sobre la producción y reparto de biomasa.

4.5.1- Influencia sobre la producción

En la Figura 12 se muestran las producciones obtenidas (por unidad de sección de tronco) en los tratamientos de dosis de riego de este ensayo, y se comparan con los valores límites en función del vigor de las cepas (expresado como $\text{cm}^2 \text{ST} \cdot \text{m}^{-1}$) indicados por Miranda et al (2013) para viñedos de Tempranillo situados en Navarra y La Rioja. Se ha elegido esta forma de análisis porque, como se observa en la Figura, las parcelas diferían por su vigor, y lo hacían ya el primer año de estudio, antes de aplicar ningún tratamiento (los valores desglosados se indican en el anejo 5), y el número de repeticiones era bajo para aplicar un análisis de ANOVA incluyendo el vigor como covariable.

La mayoría de los tratamientos de riego se encuentran dentro de los límites de confianza marcados por Miranda et al., (2013), por lo que se puede considerar que sus producciones son normales. Sólo dos tratamientos tienen producciones claramente inferiores a la normal, y corresponden en ambos casos a tratamientos de R_0 . Por otra parte, cuanto mayor fue la dosis de riego, la producción de biomasa aérea total de las parcelas tendió a ser superior: Los tratamientos de R_1 se tuvieron de media un 18% más de producción que R_0 y los de R_2 fueron un 25 % superior a los R_0 . Estos resultados nos indican que, como era esperable la disponibilidad de agua ha influido sobre la producción de biomasa, de forma que la introducción del riego la favorece, así como que la mayor diferencia se encuentra entre la presencia de riego o no, mientras que el doblar la dosis de riego ha tenido un efecto mucho más moderado. Este último resultado está de acuerdo con las menores diferencias en estado hídrico de los tratamientos de riego respecto al seco que se han indicado en el apartado 4.3.

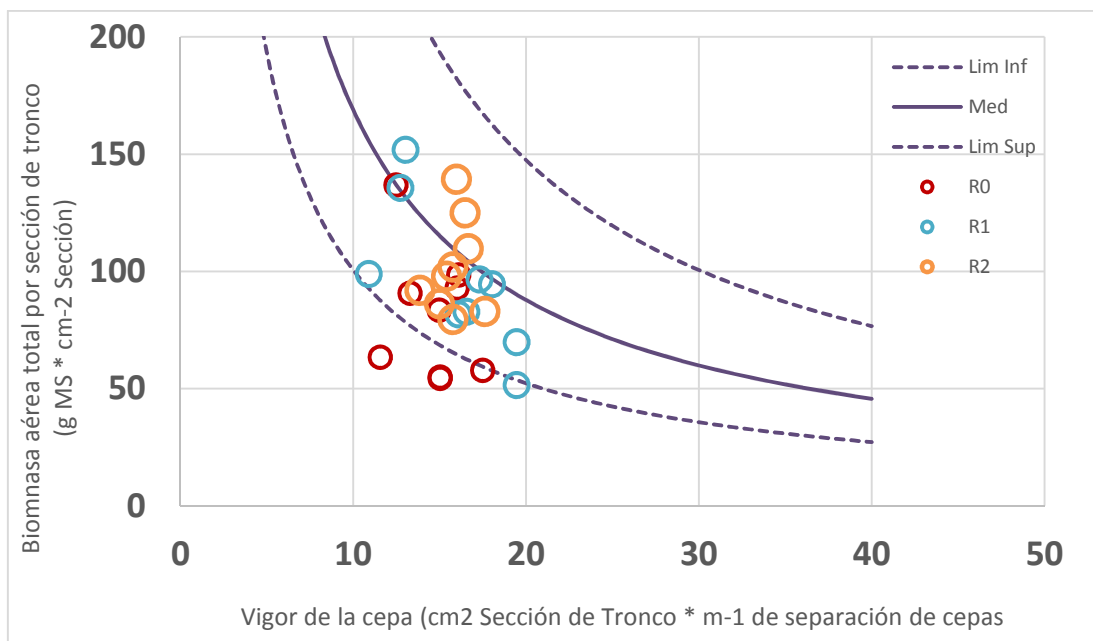


Figura 12. Relación entre el vigor de la cepa y la biomasa aérea total por sección de tronco según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según el tratamiento de riego.

Por otro lado, en la Figura 13 se analiza el efecto sobre la producción de biomasa de los sistemas de manejo del suelo. En este caso la separación entre los diferentes manejos no es clara. De media, la diferencia de producción de biomasa aérea por sección de tronco fue un 4% superior en el cascajo respecto a la cubierta y un 2% inferior respecto al laboreo. Este resultado está de acuerdo con las menores diferencias en el estado hídrico durante el ciclo encontradas por sistema de riego.

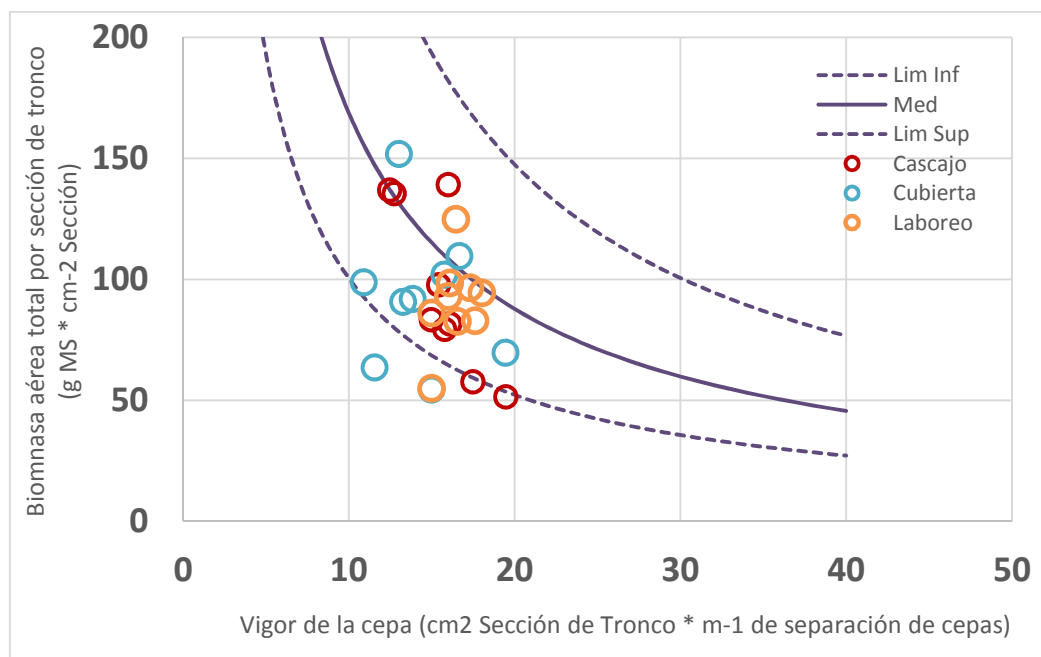


Figura 13. Relación entre el vigor de la cepa y la biomasa aérea total por sección de tronco según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según la cubierta del suelo.

4.5.2- Influencia sobre el reparto.

En la Figura 14 se muestra la cantidad de biomasa destinada a racimos (%) en los tratamientos de dosis de riego de este ensayo, y se comparan con los valores límites en función de la producción de las cepas (expresado como $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$ de separación de cepas) indicados por Miranda et al (2013) para viñedos de Tempranillo situados en Navarra y La Rioja. Se ha elegido esta forma de análisis como se ha dicho en el apartado anterior porque las parcelas en este caso diferían por su producción, y lo hacían ya el primer año de estudio, antes de aplicar ningún tratamiento (los valores desglosados se indican en el anejo 6), y el número de repeticiones era bajo para aplicar un análisis de ANOVA incluyendo el vigor como covariable.

En general, en la Figura 14 se ve una buena relación entre la producción y el reparto hacia los racimos igual que encontraba (Miranda et al., 2013). La mayoría de los tratamientos de riego se encuentran dentro de los límites de confianza marcados por Miranda et al., (2013), considerando así que el reparto de biomasa destinado a racimo es normal. Por otra parte, se puede ver como hay diferencias entre los tratamientos de riego, para ello se han dibujado las regresiones logarítmicas en la Figura 14. En ella se puede ver como las parcelas con R_0 destinan

una mayor proporción de biomasa a los racimos que las R_1 , la relación para las parcelas de R_2 , tiene una pendiente distinta, pero en general la mayoría de los tratamientos de R_2 , como se ve en la figura, tienen valores de reparto similares a R_1 . Estos resultados nos indican que, el estrés modifica el reparto de biomasa favoreciendo a los racimos, y que el efecto puede cuantificarse, en las condiciones del ensayo, en un 5% de diferencia. Por tanto, como en el caso de la producción, las mayores diferencias parecen darse con la introducción del riego, mientras que el doblar la dosis ha tenido un efecto pequeño.

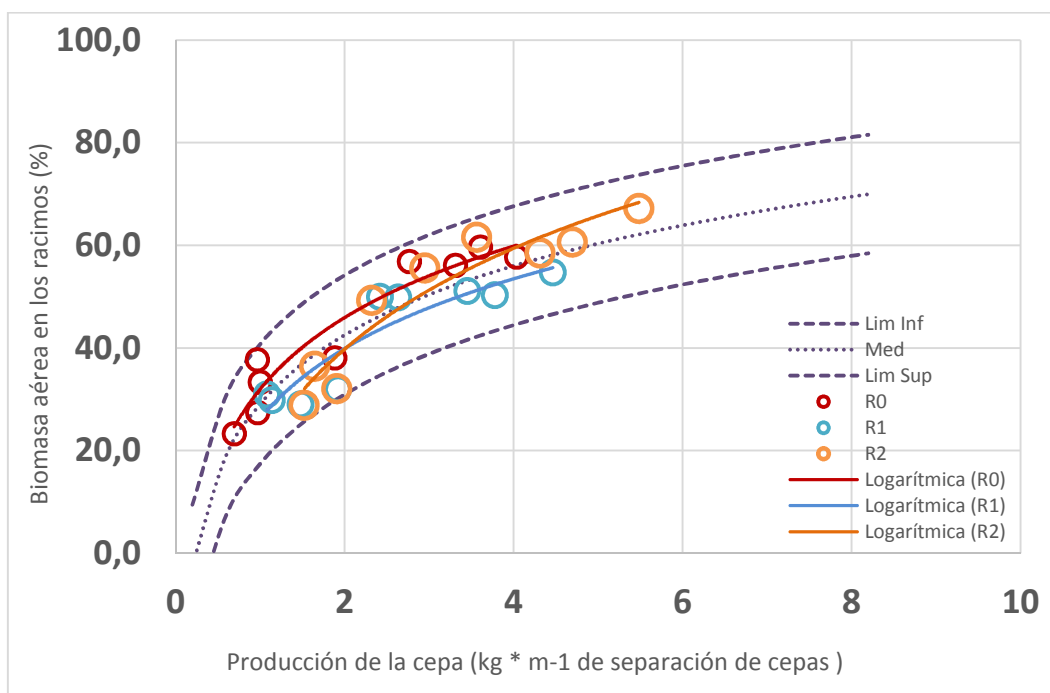


Figura 14. Relación entre la producción de la cepa y la biomasa situada en los racimos en tanto por ciento según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según el tratamiento de riego.

Por otro lado, en la Figura 15 se analiza el efecto sobre la biomasa aérea en los racimos (%) de los sistemas de manejo del suelo. En este caso, no se ven diferencias entre tratamientos. Este resultado, está de acuerdo con las menores diferencias en el estado hídrico durante el ciclo encontradas por sistema de riego.

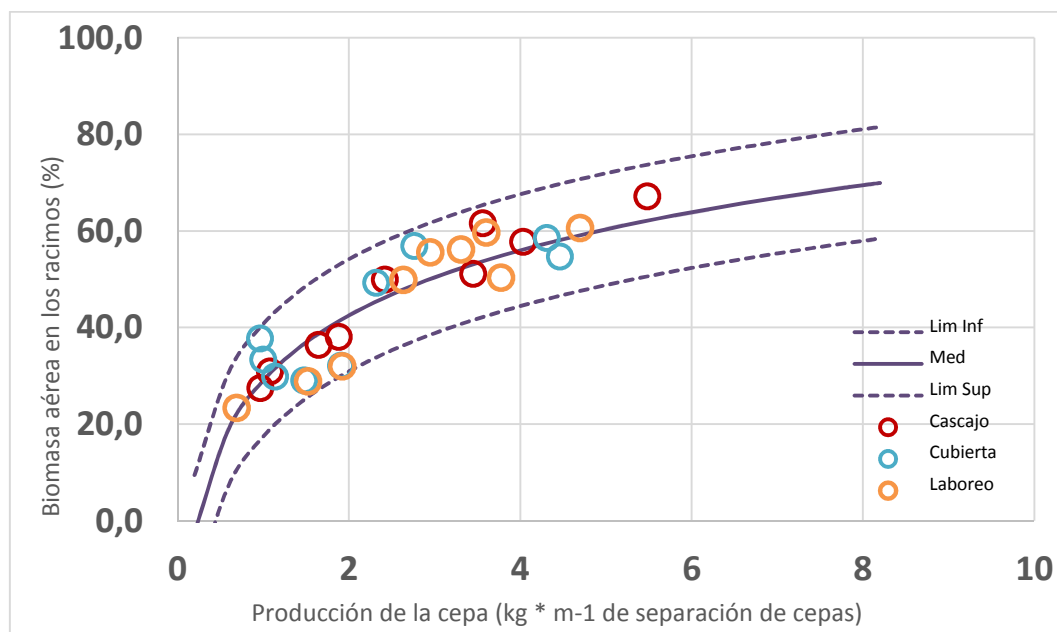


Figura 15. Relación entre la producción de la cepa y la biomasa situada en los racimos en tanto por ciento según las relaciones de Miranda et al., (2013) y posición de las parcelas estudiadas en este trabajo según la cubierta del suelo.

4.6-Relación entre el potencial hídrico y la producción de biomasa

4.6.1- Relaciones entre el potencial hídrico acumulado y la producción total de biomasa.

La Figura 16 relaciona el potencial hídrico medio del ciclo anual (cuajado-vendimia), medido en tres momentos del día, con la biomasa total acumulada en cada uno de los años estudiados. Cuando el potencial se midió al amanecer (Figura 16 a) se comprueba que hay relaciones en el sentido esperado, es decir, que más se acercaba el potencial a cero, la producción de biomasa será mayor. No obstante se pueden ver diferencias entre años tanto en la pendiente como en el grado de ajuste. En 2010 y 2011, en que los niveles de potenciales medidos fueron muy similares, las parcelas tienen producciones de biomasa de rango similar pero en el caso de 2011 la relación obtenida tenía un grado de ajuste muy bajo ($R^2=0,223$). En 2012 se puede ver como las cepas sufrieron menos estrés hídrico durante el ciclo, y tuvieron también producciones de biomasa total mucho más bajas (este año las cepas tuvieron muchos menos racimos). Este año la relación tuvo mucho mejor ajuste ($R^2=0,75$), con una pendiente similar a la de 2010.

En la Figura 16 b se muestran las relaciones con el potencial a media mañana, y se ve que las relaciones son peores, ya que para 2010 y 2011 no se supera $R^2=0,214$, y en 2012, en que se siguen obteniendo los mejores ajustes, cae hasta $R^2=0,72$. Además, en todos los casos que la pendiente de las relaciones es mucho menos acusada, indicando que son necesarias mayores diferencias de potencial acumulado durante el ciclo, medido a media mañana, para observar diferencias en la producción de biomasa, de forma que se necesita disminuir en 0,3 MPa el potencial medio durante el ciclo para que la producción de biomasa total se incremente en 500g.

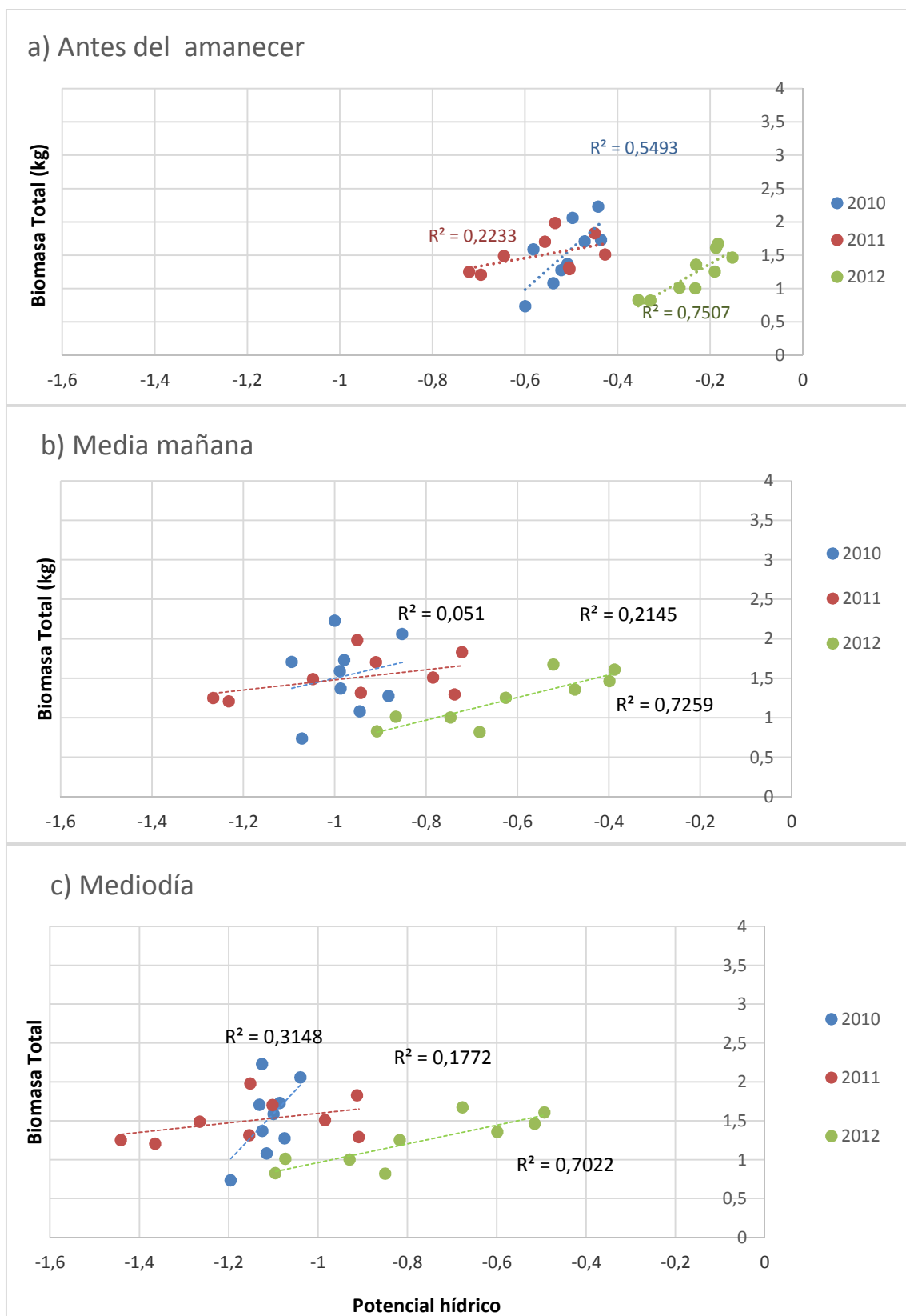


Figura 16. Relación entre el potencial hídrico medido en tres momentos de día (antes del amanecer, media mañana, mediodía) y la biomasa total de la cepa en cada uno de los años estudiados (2010, 2011, 2012).

4.6.2- Relaciones entre el potencial acumulado y el reparto de biomasa.

En la Figura 17 se muestran las relaciones entre el potencial hídrico y la biomasa para el ciclo de 3 años analizado, durante tres momentos del día. En la Figura 17 se muestran las relaciones para la producción total de biomasa y se comprueba que las relaciones tienen un grado de ajuste mejor que la media que se obtenía cuando se consideraba cada año por separado. Por otra parte, se sigue observando que el potencial antes del amanecer es el que da las mejores relaciones, y que a media mañana y mediodía las relaciones son similares en pendiente y ajuste. En el caso del ciclo de tres años, es necesario que las cepas disminuyan el estrés del ciclo medido al amanecer en 0,15 MPa para que la producción sea 1000 g superior, mientras que si se mide a media mañana o a mediodía se necesitan diferencias de 0,25 MPa para conseguir la misma variación de producción.

Cuando se considera la producción de biomasa producida en los racimos (Fig 17b) o las partes vegetativas (Fig 17c) se comprueba que las relaciones son mucho peores, especialmente en el caso de la parte vegetativa, en las que los ajustes no superan $R^2=0,4$, mientras que para los racimos se pueden encontrar relaciones solo ligeramente peores a las del conjunto de la cepa si el potencial se mide antes del amanecer. A la hora de estudiar la producción de biomasa por un lado de la parte vegetativa y por otro lado de los racimos, es lógico que los grados de ajuste sean peores porque cuentan con solo un órgano y no con toda la cepa. Así, el mejor momento para medir el estrés hídrico a la hora de relacionarlo con la producción de biomasa es antes del amanecer.

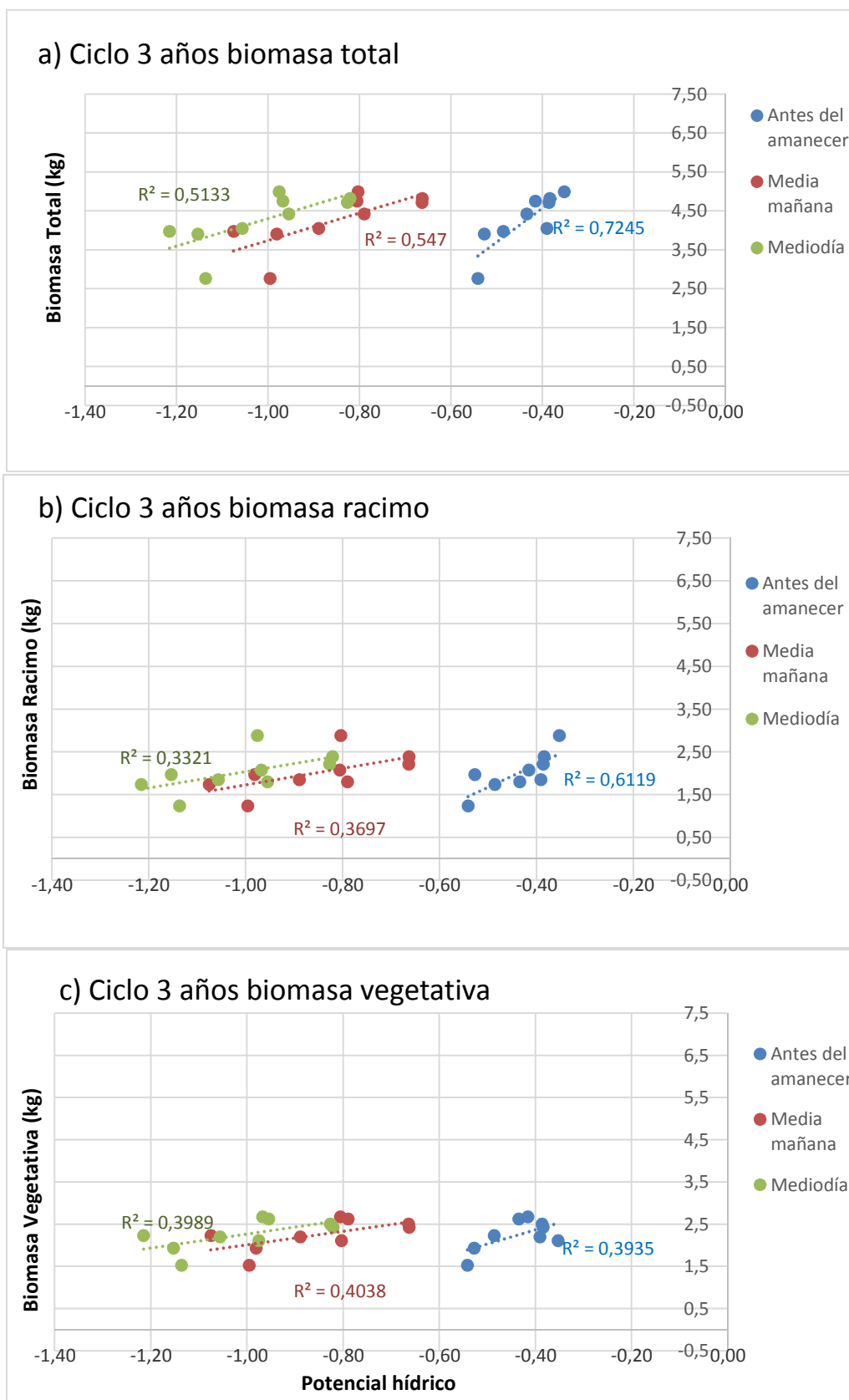


Figura 17. Relación entre el potencial hídrico y la biomasa total, biomasa destinada a racimo y biomasa vegetativa acumulada en los tres años en la cepa en cada uno de los momentos del día medidos (antes amanecer, media mañana, tarde).

4.6.3- Comparación entre el análisis anual o el del ciclo de tres años.

En la Tabla 8 se presentan los valores medios de producción y reparto de biomasa medios anuales, y para el ciclo de 3 años, distinguiendo entre los tratamientos de riego y manejo del suelo. En ella se comprueba que la variabilidad cuando se calcula un ciclo de tres años es muy inferior (entre la mitad y la tercera parte) a cuando se consideran individualmente los años. Es por esto que se han encontrado mejores relaciones para el ciclo de tres años, ya que las diferencias de un año a otro se compensan. Como se ve en la tabla, las diferencias relativas entre tratamientos son similares para los cálculos anuales o de tres años, pero gracias a las menores variabilidades, sería más sencillo detectar significativamente diferencias menores entre tratamientos, y establecer relaciones con mejores grados de ajuste.

Tabla 8. Producción de biomasa total, productividad y reparto de la misma en racimo, entre los diferentes tratamientos de riego y manejos de suelo en el cómputo de los tres años.

	Producción biomasa total (kg)				Productividad biomasa total (kg/cm ST)				% Biomasa en racimo			
	Anuales		Ciclo 3 años		Anuales		Ciclo 3 años		Anuales		Ciclo 3 años	
	Media	cv	Media	cv	Media	cv	Media	cv	Media	cv	Media	cv
R ₀	1,18	0,30	3,52	0,19	0,08	0,33	0,26	0,18	43,34	0,33	46,69	0,09
R ₁	1,47	0,22	4,40	0,08	0,10	0,32	0,34	0,18	41,91	0,26	43,34	0,06
R ₂	1,61	0,22	4,82	0,02	0,10	0,20	0,31	0,08	49,95	0,28	51,55	0,11
Cas	1,44	0,27	4,32	0,13	0,10	0,35	0,31	0,02	46,67	0,30	49,21	0,16
Cub	1,32	0,32	3,96	0,27	0,09	0,31	0,33	0,26	42,33	0,29	44,13	0,07
Lab	1,49	0,23	4,46	0,12	0,09	0,20	0,27	0,11	46,21	0,31	48,24	0,08

5- CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el presente Trabajo Fin de Carrera han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- Los métodos alométricos empleados en este trabajo, que han combinado relaciones consultadas en la bibliografía, con relaciones propias, han permitido estimar la producción de biomasa aérea de las cepas de Tempranillo bajo varias situaciones de manejo, obteniendo valores dentro de los rangos descritos para la variedad.
- La biomasa aérea producida por una cepa de Tempranillo se reparte, de media, a partes iguales entre los órganos vegetativos y los racimos, no obstante, la variabilidad entre cepas es muy alta, especialmente en la fracción que se acumula en el tronco y brazos, cuyo coeficiente de variación puede superar el 80%.
- La disponibilidad de agua influye de forma positiva sobre la producción de biomasa de la cepa. En las condiciones analizadas, se lograron aumentos de hasta un 25% con los tratamientos que aportaban más agua respecto de las cepas mantenidas en condiciones de no riego. No obstante, el efecto del riego no es lineal, ya que cuando se dobló la cantidad de agua aportada, la producción de biomasa sólo aumentó un 35%.
- La disponibilidad de agua también influye sobre el reparto de biomasa entre los órganos. El estrés hídrico modifica el reparto de biomasa favoreciendo a los racimos, y el efecto puede cuantificarse, en las condiciones del ensayo, en un 5% de diferencia. Como en el caso de la producción, las mayores diferencias parecen darse con la introducción del riego, ya que el doblar la dosis ha tenido un efecto más moderado.
- Los sistemas de manejo del suelo ensayados resultaron en escasas diferencias en el nivel de estrés hídrico al que estuvieron sometidas las cepas durante el ciclo, por lo que tampoco se han visto efectos sobre la producción y reparto de biomasa.
- El mejor momento para medir el potencial hídrico de las cepas cuando se busca relacionar este con la producción y reparto de biomasa es antes del amanecer. En esas condiciones, se ha encontrado que son necesarias diferencias de potencial entre cepas de alrededor de 0,15 MPa para que su producción anual total de biomasa varíe en 500g.
- Se obtienen mejores relaciones, y menores variabilidades, cuando los cálculos de biomasa se realizan para ciclos completos de 3 años en lugar de usar relaciones anuales.

5- BIBLIOGRAFÍA

En este apartado se incluye un listado de los libros, artículos y páginas web que han sido consultados a lo largo de la realización del presente trabajo.

ALBUQUERQUE, M.V ; BARAJAS, E; MARTÍN, H; YUSTE, J; YUSTE, R. 2007. Determinación de la superficie foliar y la materia seca de hojas de tempranillo. *Vida rural*, 242, pp. 49-53.

BARAJAS, E; CASTAÑO, F.J; SAN MIGUEL, M.A; YUSTE, J. 2009. Estimación de la superficie foliar del viñedo a partir de la longitud de los pámpanos. *Vida rural*, 282, pp. 74-79.

BARRIEU. 2010. Physiological and modeling approaches to understand water and carbon fluxes during grape berry growth and quality development. 16, pp 70-85.

BAUTISTA; POVEDA; POVEDA M. 1995. Aprovechamiento térmico de la biomasa procedente del sarmiento de vid. *Viticultura enología profesional*, 39, pp. 13-17.

B, J.J et al., 2008. Influencia del manejo del suelo y las coberturas vegetales en el microclima de la canopia de la vid, la composición de la va y el vino. 1, pp. 85-104

CANDOLFI-VASCONCELOS C AND CASTAGNOLI, S. 1997-1998. Evaluation of the performance of pinot noir grafted to five rootstocks. *Evaluation of varieties, clones and rootstocks.*, IV, pp.1-8.

CASTELAN-ESTRADA et al., 2002. Allometric relationships to estimate seasonal above-ground vegetative and reproductive biomass of *Vitis vinifera* L. *Annals of Botany*, 89, pp 401-408.

DE LA TORRE, A.L; YUSTE, J. 2011. Biomasa acumulada en las partes permanentes de cepas adultas de distintas variedades de vid. *Vida rural*, 331, pp. 40-44.

DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA

www.drae.es consultado por última vez 15/11/2013.

DUCHENE. 2012. Deciphering the ability of different grapevine genotypes to accumulate sugar in berries, 18, pp 319-328.

EMISIONES GASES DE EFECTO INVERNADERO:
www.ecoportal.net/Temas_Especiales/Cambio_Climatico/Evolucion_de_las_Emisiones_de_Gases_de_Efecto_Invernadero_en_Espana_1990-2003 consultado por última vez 1/11/2013.

EVOLUCIÓN EMISIONES GEI EN ESPAÑA (2004)
<http://barcelona.indymedia.org/newswire/display/96495/index.php> consultado por última vez 13/12/2013.

FAOSTAT

<http://faostat.fao.org/site/704/default.aspx> consultado por última vez 6/11/2013.

GARCÍA DE CORTAZAR et al., 2008-2009. Asynchronous dynamics of grapevine (*Vitis vinifera*) maturation: experimental study for a modeling approach.

GREER, D.H AND SICARD, S.M. 2009. The net carbon balance in relation to growth and biomass accumulation of grapevines (*Vitis vinifera* cv. Semillon) grown in a controlled environment. 36, pp 645-653.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

www.igme.es consultado por última vez 19/11/2013.

JOHANNA, R. et al., 2010. Estimating leaf area and leaf area index in vsp trained grapevines under different managements systems (*Vitis vinifera* L.CV. Riesling)

JUNQUERA, P; SANCHEZ-DE MIGUEL, P; et al., 2011. Estimación del área foliar de la vid a través de regresiones lineales. Validación del modelo en los cultivares: Cabernet Franc, Cabernet Sauvignon, Merlot, Syrah y Tempranillo. Universidad politécnica de Madrid.

LINARES TORRES, R. 2009. Estudio del empleo de cubiertas vegetales temporales para la regulación del régimen hídrico, crecimiento y manejo sostenible del viñedo.

LOIDI, M; MIRANDA, C; ROYO, J.B; SANTESTEBAN, L.G. 2013. Quantification and partitioning of annual aboveground biomass production in cvTempranillo for carbon footprint estimation.

MIRANDA et al. 2012. Phenological modeling of peach and sweet cherry: start dates and threshold temperatures for each phen phase.

MUNALUNA Y MIENCKEN. 2008. An evaluation of South African fuel wood with regards calorific value and environmental impact. *Biomass and bioenergy*, 33, pp 415-420.

NASSER et al., 2014. Fuel characteristics of vine pruning (*Vitis vinifera* L.) as a potential source for energy production. 9, pp. 482-496

NICOLAS PICARD. 2012. Manual de construcción de ecuaciones alométricas para estimar el volumen y la biomasa de los árboles. Del trabajo de campo, a la predicción.

OLLAT et al., 2000. Carbon balance in developing grapevine berries. *Proc. Of the V Int. Symp. On Grapevine Physiology*, 526, pp 345-350.

PACHECO, G. 2011. Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea por compartimientos en reforestaciones de *Pinus patula* Schl. Et Cam., En Xiacui, Ixtlán, Oaxaca. Universidad de la Sierra Juárez.

PÉREZ ACEVEDO. 2008. El cultivo de la vid. Perspectivas actuales.

PIRE, R; VALENZUELA. 1995. Estimación del área foliar en *Vitis vinifera* L. French Colombard a partir de mediciones lineales en las hojas. *Agronomía Tropical*, 45, pp. 143-154.

S. AFR. J.ENOL.VITIC.2004. Shoot development and non-destructive determination of grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaf area. Vol 25.

WILLIAMS et al., 2011. Assessment of carbon in woody plants and soil across a vineyard-woodland landscape. *Carbon balance and managements (2011)*, 6:11.

ANEJO 1

CLASIFICACIÓN DE LAS PLANTAS POR LA FORMA DE FIJACIÓN DE CARBONO.

Dependiendo del tipo de fijación de CO₂, la planta tendrá un metabolismo distinto y por lo tanto, se clasifican en plantas C-3, C-4 y CAM.

Plantas C-3: Se caracteriza por mantener estomas abiertos durante el día para permitir la fijación de CO₂, lo que provoca una pérdida de agua por transpiración de forma continua.

Ante el riesgo de deshidratación ocasionado por un estrés ambiental, estas plantas producen un cierre estomático que provoca una gran disminución de la fotosíntesis. (Vid, trigo, cebada frutales)

Plantas C-4: Se caracterizan por tener estomas abiertos de día.

Poseen intermediarios de bombeo de CO₂ en la célula, pudiéndose permitir un cierre de estomas imprevisto, continuando así con el proceso fotosintético, gracias al reservorio de CO₂. (Maíz, caña de azúcar).

Plantas CAM: Tienen los estomas abiertos por la noche, reduciendo por consiguiente la transpiración y las pérdidas de agua. También poseen reservorio de CO₂, con lo cual puede cerrar estomas sin que ello conlleve una disminución fotosintética (Piña).

Tabla 1. Diferencias entre plantas C-3, C-4 y CAM. (Micaela Carvajal et al., 2010).

Especies Típicas de Importancia económica	C3 Trigo, cebada, pimiento, frutales, arroz, tomate..	C4 Maíz, sorgo, caña de Azúcar.	CAM Piña, chumbera
% de la flora mundial en numero de especies	89%	<1%	10%
Hábitat típico	Distribución amplia	Sitios cálidos y praderas	Sitios xéricos y epifíticos
Primer producto estable de la fijación de CO ₂	PGA	Malato	Malato
Anatomía	Vaina del haz vascular no presente o sin cloroplastos	Vaina del haz vascular con cloroplastos (Kranz)	Suculencia celular o de los tejidos
Fotorrespiración	Hasta 40% de la fotosíntesis	No detectable	No detectable
Punto de compensación para la asimilación de CO ₂	40-100 µl l ⁻¹	0-10 µl l ⁻¹	0-10 µl l ⁻¹
[CO ₂] intracelular en luz de día (µl l ⁻¹)	200	100	10000
Frecuencia estomática (estomas mm ⁻²)	40 - 300	100 - 160	1 - 8
EUA (g CO ₂ fijado por kg H ₂ O transpirada)	1 - 3	2 - 5	10 - 40
Tasa máxima de crecimiento (g m ⁻² d ⁻¹)	5-20	40-50	0.2
Productividad máxima (ton ha ⁻¹ año ⁻¹)	10-30	60-80	Generalmente menor a 10*

En general las plantas superiores son del tipo C3 (casi todas arbóreas), el 85%, tienen valores de carbono muy bajos entre -22, y -30. El otro 15% de las plantas son del tipo C4. En su mayoría son hierbas tropicales y tienen valores más altos de carbono, entre -10 y -14. En el caso particular de la vid, proceso fotosintético C3, el valor encontrado promedio se encuentra en el orden de -27 para todas las zonas vitivinícolas en Argentina. *(Norberto Stocco, Jorge Guzmán, María Esther Barbeiro).*

ANEJO 2

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE VITIS VINÍFERA L. cv. Tempranillo

Origen y sinonimia:

El tempranillo es la variedad más extendida en España. Recibe este nombre por su pronta maduración respecto a otras variedades. Está presente en 28 de las 54 Denominaciones de Origen y en 27 de las 49 comarcas productoras de Vino de la Tierra. También se cultiva en Portugal, Francia, Argentina y Estados Unidos. Podría tener un origen borgoñón por la similitud con el período vegetativo de la PinotNoir. Según esta hipótesis, procedería de los esquejes que los monjes borgoñeses de Cluny dispersaron por los diferentes monasterios castellanos de la orden.

Según la zona presenta distintos nombre, más de 15: Aragonés, Arganda, Cencibel, Chinchillana, Escobera, Garnacho, Foño, Jaciura, Negra de Mesa, Tinta Santiago, Tinta Montereiro, Tinto Fino, Tinto País, Tinto Riojano, Tinto de Toro, Tinto de Madrid, Ull de Liebre, Valdepeñas, Verdiell y Vid de Aranda.

En líneas generales, los mejores vinos de tempranillo se obtienen en zonas con alta insolación y con temperaturas nocturnas muy frías. En estas condiciones se alcanzan graduaciones alcohólicas más altas y una buena acidez, lo que permite obtener vinos de altísima calidad.

Caracteres ampelográficos:

- Cepa: vigorosa, de aspecto semiderecho.
- Sumidad: algodonosa blanca, con rebordes rosados.
- Hojas jóvenes: vellosa, bronceadas, con el envés algodonoso.
- Hojas adultas: grandes, de forma truncada, arrolladas, abarquilladas en el punto recolar y profundamente lobuladas. Senos laterales de fondo agudo; senos superiores, a veces, superpuestos. Dientes ojivales y de tamaño medio. Envés arañoso, con pelos pubescentes en las nervaduras. En otoño, el follaje enrojece prácticamente en su totalidad.
- Brazos: apostillados, verdes, de color pardo-rojizo en el lado opuesto al sol.
- Sarmientos: color amarillo claro, más o menos grisáceos, con nudos oscuros no pruinados.
- Racimo: tamaño medio, compacto, largo y alado.
- Baya: tamaño medio, esféricas, de color negro azulado. Hollejo bastante áspero, pulpa canosa y piel jugosa.

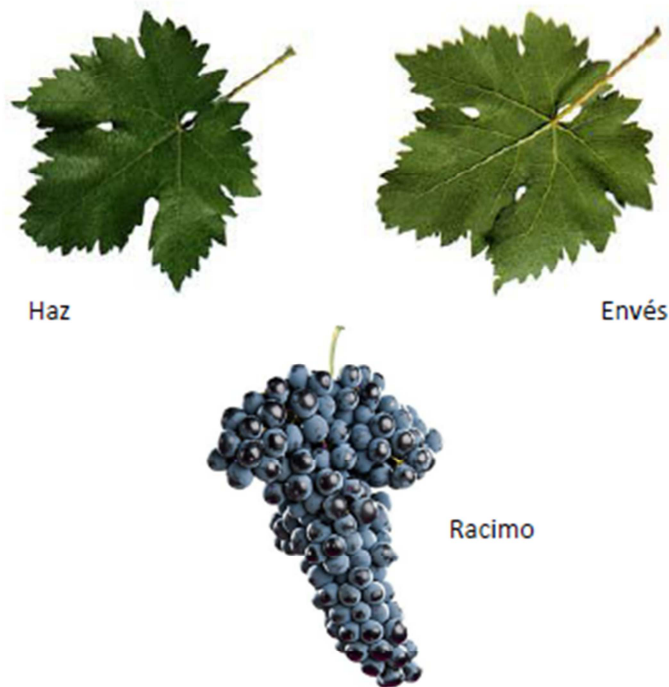
Aptitudes:

Es una variedad de desborre medio, florece a finales de primavera, en la primera quincena de Junio. La madurez es temprana.

Se adapta a todo tipo de suelos con preferencia de terrenos orientados al mediodía bien soleados. Las regiones térmicas más adecuadas para su cultivo son la II, III Y IV. Es poco sensible a las heladas primaverales pero sí lo es a los vientos cálidos de primavera.

Dependiendo de la zona de cultivo se le practica una poda larga o corta, respetando el equilibrio producción-calidad; y teniendo en cuenta que es una variedad de producción mediana.

Respecto a plagas y enfermedades, es muy sensible al oídio y algo al mildiu y eriosis.



Imágenes de www.vilaviniteca.es

ANEJO 3

PROCEDIMIENTO A SEGUIR PARA MEDIR EL POTENCIAL HÍDRICO DE LA HOJA EN VID

La medición del potencial hídrico consiste en colocar un órgano (hoja, tallo, etc.) en una cámara (Figura 1), dejando fuera de ella una pequeña porción de dicho órgano. Desde un reservorio o tubo se inyecta gas inerte comprimido (nitrógeno) para aumentar la presión interna de la cámara y provocar el reflujo de savia por los vasos de conducción (xilema), hasta que aparezca la savia en forma de gota sobre el corte. Allí se corta el paso de nitrógeno y se alcanza el "punto final". (Scholander, P. et al., 1965)

En ese momento la presión en la cámara es similar a la tensión de la savia en los vasos del órgano, y proporciona el valor del potencial hídrico (Y_h), que se mide en bares o mega pascales (MPa), siendo 1 bar = 0,1 MPa, considerándose siempre como valores negativos.

Mientras mayor sea el estrés hídrico de la planta, mayor será la presión que se debe imprimir a la cámara para vencer la tensión y lograr el reflujo de savia. (Scholander, P. et al., 1965)

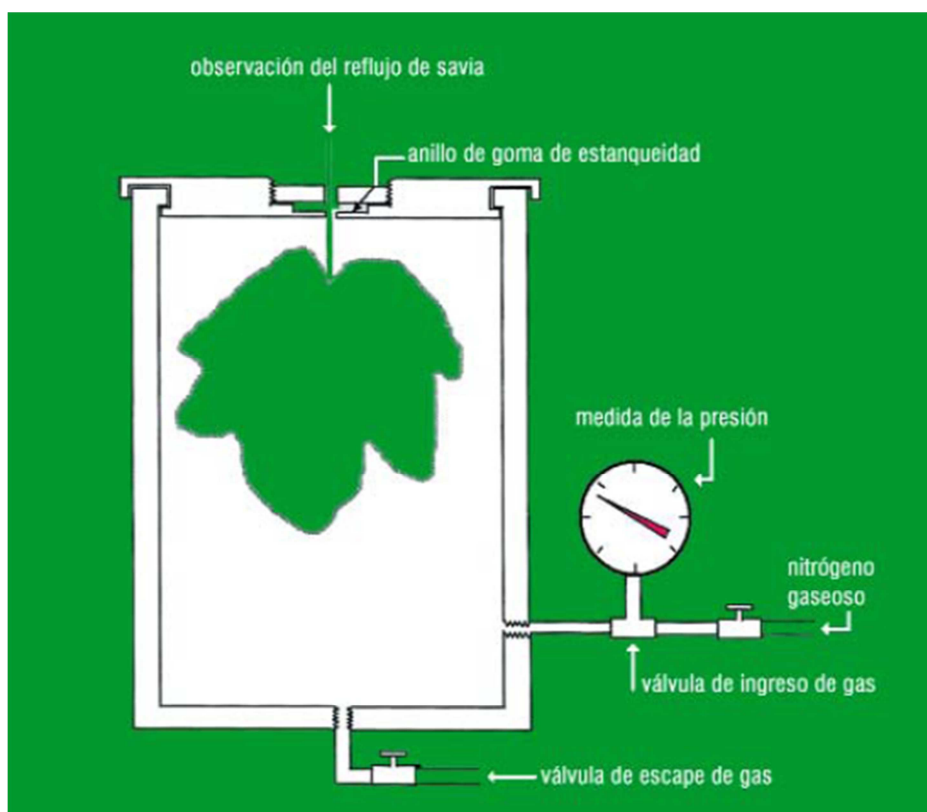


Figura 1. Esquema de la cámara de presión (Ojeda, H., 1999)

Tipos de Potencial Hídrico Foliar (Y_{hf}) (Galleina y Requena; año ¿?¿?¿?)

- A) Al amanecer (Y_{hf} de base). Momento en el que la planta ha logrado su máxima rehidratación y ha alcanzado un equilibrio con la humedad del suelo.

- B) Mediodía (Yhf). Se mide sobre una hoja previamente sometida a la oscuridad con una bolsa (Figura 2), para que cierre sus estomas y se equilibre con el Y del tallo sobre el que se inserta.
- C) Media tarde (Yhf). Momento donde se alcanza el mínimo potencial en la mitad de la jornada, reflejando así la dinámica de desecamiento en el curso del día, debido a la transpiración y a la limitación de absorción de agua. Se mide sobre una hoja previamente sometida a la oscuridad, para que cierre sus estomas y se equilibre con el Y del tallo sobre el que se inserta.

Los valores que se toman a mediodía y media tarde dependen además del contenido hídrico del suelo, de los factores ambientales que regulan la transpiración.

Procedimiento para medir el potencial hídrico de la hoja

-Se desprende la hoja de la planta para evaluar, una vez extraída la hoja se corta en forma recta el pecíolo con un instrumento muy filoso (Figura 3).

-El pecíolo con su extremo cortado se inserta a través de la empaquetadura (tapón de goma), que está ubicado en el centro de la tapa de la cámara (Figura 4). El extremo del pecíolo debe quedar sobresaliendo unos pocos mm en el exterior de la tapa de la cámara, quedando el resto de la hoja en el interior de la cámara.

-Se debe ajustar la empaquetadura (tapón de goma) cuidadosamente a efectos de evitar pérdidas de agua

-Una vez colocada la tapa con la muestra dentro de la cámara (Figura 5) se procede a inyectar lentamente gas al interior de la misma Se continúa hasta observar en el extremo del pecíolo una gota de agua (Figura 6), este momento corresponde al llamado “punto final”. La lectura registrada en ese momento en el manómetro corresponde al potencial hídrico de la hoja. Es conveniente utilizar una lupa para observar la muestra.

-Una vez obtenida la lectura se debe despresurizar la cámara para continuar con una nueva medición y repetir nuevamente el procedimiento (Figura 7).

Una vez que se extrae la hoja de la planta inmediatamente debe ser preparada y determinado su potencial, a efectos de evitar una deshidratación de la muestra y subestimar el valor de potencial hídrico. Nunca se debe recolectar todas las muestras de las plantas a evaluar y posteriormente determinar su potencial hídrico.



Figura 2. Embolsado de la hoja de vid.

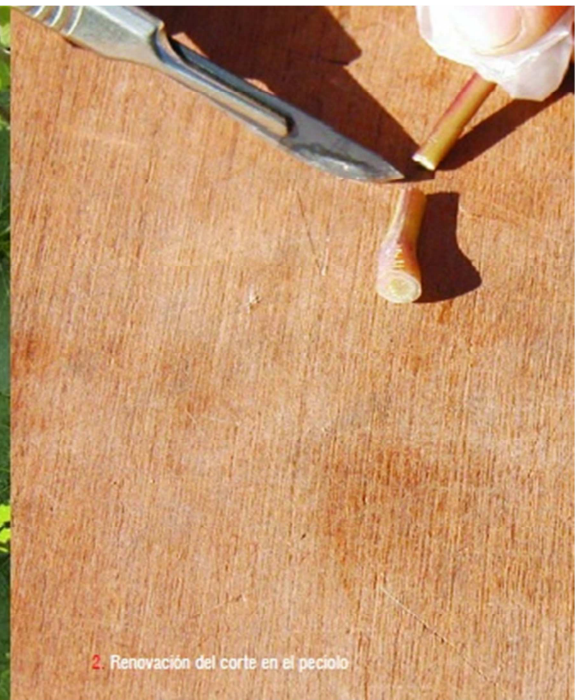


Figura 3. Renovación del corte en el peciolo



Figura 4. Colocación del peciolo en la tapa. cámara

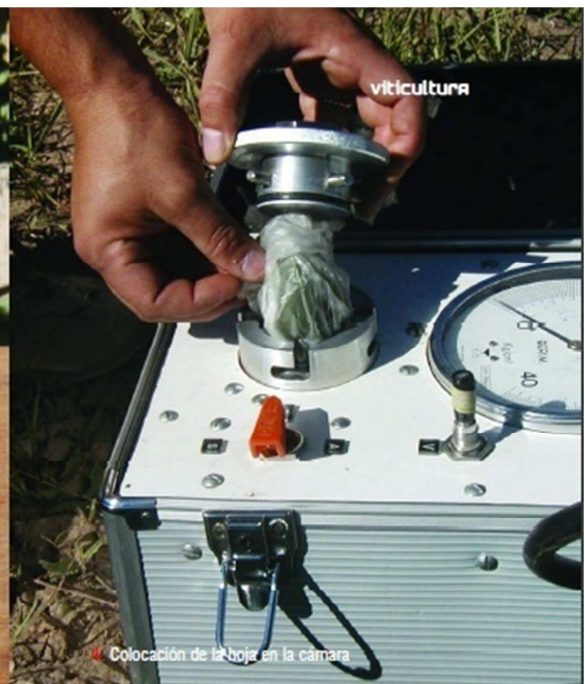


Figura 5. Colocación de la hoja en la

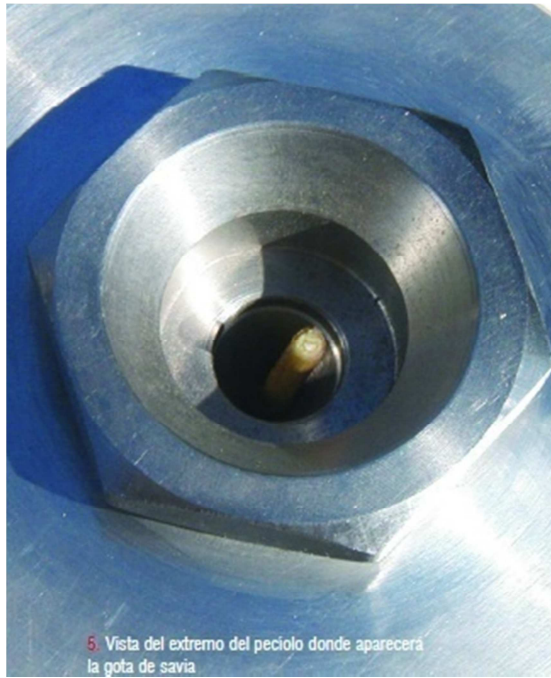


Figura 6. Vista del extremo del peciolo donde aparecerá la gota de savia.

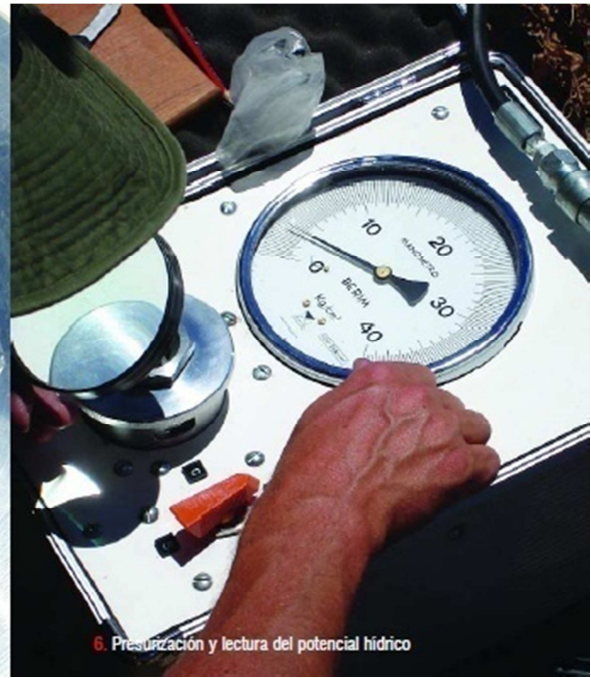


Figura 7. Presurización y lectura del potencial hídrico.

Imágenes de Mario Galleina; Antonio Requena

ANEJO 4

MEDIDAS DE POTENCIAL HÍDRICO MEDIDAS EN TRES MOMENTOS DEL DÍA PARA CADA AÑO, TIPO DE RIEGO Y MANEJO DE SUELO.

Año	Suelo	Riego	Ψ_{pd} (amanecer)		Ψ_{s-morn} (media mañana)		Ψ_{s-noon} (mediodía)	
			cuaj-env	env-ven	cuaj-env	env-ven	cuaj-env	env-ven
2010	Cas	R0	-0,37	-0,57	-0,92	-1,27	-0,94	-1,32
		R1	-0,32	-0,55	-0,83	-1,12	-0,94	-1,23
		R2	-0,34	-0,54	-0,86	-1,14	-0,99	-1,26
	Cub	R0	-0,49	-0,71	-0,92	-1,22	-1,04	-1,35
		R1	-0,41	-0,67	-0,85	-1,04	-0,99	-1,24
		R2	-0,42	-0,63	-0,81	-0,95	-0,96	-1,19
	Lab	R0	-0,51	-0,66	-0,92	-1,05	-1,02	-1,18
		R1	-0,41	-0,60	-0,94	-1,03	-1,09	-1,16
		R2	-0,40	-0,60	-0,83	-0,87	-1,03	-1,04
2011	Cas	R0	-0,59	-0,85	-1,14	-1,39	-1,31	-1,57
		R1	-0,54	-0,47	-1,01	-0,88	-1,25	-1,06
		R2	-0,49	-0,37	-0,85	-0,72	-1,10	-0,87
	Cub	R0	-0,69	-0,70	-1,19	-1,28	-1,30	-1,43
		R1	-0,59	-0,48	-1,02	-0,88	-1,18	-1,12
		R2	-0,49	-0,41	-0,81	-0,64	-1,01	-0,82
	Lab	R0	-0,71	-0,58	-1,13	-0,96	-1,28	-1,25
		R1	-0,62	-0,50	-0,99	-0,82	-1,18	-1,03
		R2	-0,57	-0,43	-0,83	-0,65	-1,03	-0,78
2012	Cas	R0	-0,27	-0,26	-0,79	-0,95	-0,96	-1,18
		R1	-0,27	-0,20	-0,76	-0,73	-0,92	-0,94
		R2	-0,22	-0,16	-0,65	-0,60	-0,86	-0,77
	Cub	R0	-0,32	-0,34	-0,61	-0,76	-0,76	-0,94
		R1	-0,24	-0,22	-0,42	-0,53	-0,54	-0,66
		R2	-0,20	-0,17	-0,35	-0,42	-0,46	-0,52
	Lab	R0	-0,33	-0,38	-0,75	-1,07	-0,89	-1,30
		R1	-0,19	-0,18	-0,44	-0,61	-0,56	-0,79
		R2	-0,16	-0,14	-0,38	-0,42	-0,48	-0,55

ANEJO 5

SECCIÓN DE TRONCO Y BIOMASA AÉREA TOTAL POR SECCIÓN DE TRONCO POR TIPO DE RIEGO, MANEJO DE SUELO Y AÑO

Año	M. Suelo	Riego	Biomasa total (g)	ST Inicial	Eficiencia g MS/ cm2 ST
2010	Cas	R0	1706,6	12,5	136,9
2010	Cas	R1	1727,3	12,7	135,6
2010	Cas	R2	2227,7	16,0	139,3
2010	Cub	R0	734,7	11,6	63,5
2010	Cub	R1	1078,0	10,9	98,7
2010	Cub	R2	1275,0	13,9	91,9
2010	Lab	R0	1587,0	16,1	98,5
2010	Lab	R1	1368,8	16,6	82,6
2010	Lab	R2	2057,9	16,5	124,8
2011	Cas	R0	1249,2	17,5	57,8
2011	Cas	R1	1314,2	19,5	51,5
2011	Cas	R2	1507,8	15,8	79,4
2011	Cub	R0	1205,4	15,0	54,5
2011	Cub	R1	1980,2	19,5	69,7
2011	Cub	R2	1827,4	15,8	101,8
2011	Lab	R0	1487,5	15,0	54,9
2011	Lab	R1	1703,2	17,3	96,5
2011	Lab	R2	1291,9	17,6	82,9
2012	Cas	R0	1010,3	15,0	83,4
2012	Cas	R1	1001,6	16,1	81,7
2012	Cas	R2	1252,4	15,4	97,8
2012	Cub	R0	818,0	13,3	90,7
2012	Cub	R1	1356,1	13,0	151,8
2012	Cub	R2	1607,4	16,7	109,5
2012	Lab	R0	824,8	16,0	92,9
2012	Lab	R1	1671,8	18,0	94,4
2012	Lab	R2	1461,7	15,0	86,0
2010-2012	Cas	R0	3966,2	12,5	318,2
		R1	4043,1	12,7	317,3
		R2	4949,0	16,0	309,4
	Cub	R0	2758,1	11,6	238,4
		R1	4414,3	10,9	404,3
		R2	4709,7	13,9	339,4
	Lab	R0	3824,2	16,1	237,4
		R1	4743,8	16,6	286,3
		R2	4811,5	16,5	291,9

ANEJO 6

PRODUCCIÓN TOTAL DE BIOMASA Y REPARTO (%) POR LOS ÓRGANOS DE LA CEPA POR TIPO DE RIEGO, MANEJO DE SUELO Y AÑO

Año	M. Suelo	Riego	Biomasa total (g)	Reparto entre órganos (%)			
				Tronco	Pámpanos	Hojas	Racimos
2010	Cas	R0	1706,6	6,1	16,7	19,5	57,7
2010	Cas	R1	1727,3	8,0	19,1	21,8	51,1
2010	Cas	R2	2227,7	0,7	15,0	17,2	67,1
2010	Cub	R0	734,7	9,7	21,3	31,3	37,7
2010	Cub	R1	1078,0	16,4	24,7	29,2	29,8
2010	Cub	R2	1275,0	3,1	22,0	25,7	49,2
2010	Lab	R0	1587,0	0,9	20,0	23,0	56,1
2010	Lab	R1	1368,8	1,2	22,8	26,2	49,8
2010	Lab	R2	2057,9	1,2	17,9	20,4	60,6
2011	Cas	R0	1249,2	8,3	25,0	28,7	38,0
2011	Cas	R1	1314,2	10,6	17,7	21,8	49,9
2011	Cas	R2	1507,8	1,0	17,1	20,4	61,5
2011	Cub	R0	1205,4	5,9	16,0	21,2	56,8
2011	Cub	R1	1980,2	8,9	17,0	19,4	54,6
2011	Cub	R2	1827,4	2,2	18,4	21,0	58,5
2011	Lab	R0	1487,5	1,0	18,0	21,3	59,6
2011	Lab	R1	1703,2	0,9	22,8	26,1	50,3
2011	Lab	R2	1291,9	1,8	19,4	23,3	55,5
2012	Cas	R0	1010,3	14,1	26,9	31,6	27,4
2012	Cas	R1	1001,6	10,8	26,8	31,6	30,9
2012	Cas	R2	1252,4	12,1	23,9	27,6	36,4
2012	Cub	R0	818,0	3,8	28,1	34,8	33,3
2012	Cub	R1	1356,1	1,5	32,1	37,4	29,0
2012	Cub	R2	1607,4	10,2	26,7	31,1	32,0
2012	Lab	R0	824,8	20,2	24,6	31,9	23,3
2012	Lab	R1	1671,8	14,4	24,9	28,8	31,9
2012	Lab	R2	1461,7	9,0	28,8	33,4	28,8
2010-2012	Cas	R0	3966,2	8,8	21,9	25,5	43,8
		R1	4043,1	9,5	20,5	24,2	45,7
		R2	4949,0	2,9	18,0	20,9	58,2
	Cub	R0	2758,1	6,3	21,0	27,9	44,8
		R1	4414,3	8,5	23,5	27,3	40,7
		R2	4709,7	5,1	22,2	25,7	46,9
	Lab	R0	3824,2	3,2	20,6	24,7	51,5
		R1	4743,8	5,7	23,5	27,1	43,7
		R2	4811,5	3,7	21,6	25,1	49,6